



TUGAS AKHIR-RC14-1501

# **MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SUSUN SEWA SUMUR WELUT KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA - BETON KOMPOSIT**

MUHAMMAD ALI AKBAR  
NRP 3111 100 038

Dosen Pembimbing  
Ir. Heppy Kristijanto, MS.  
Data Iranata, ST, MT, Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2015



FINAL PROJECT-RC14-1501

# **MODIFICATION OF THE PLANNING STRUCTURE OF THE BUILDING OF FLATS RENT SUMUR WELUT SURABAYA USING STEEL STRUCTURE - REINFORCED CONCRETE COMPOSITE**

MUHAMMAD ALI AKBAR  
NRP 3111 100 038

Advisor:  
Ir. Heppy Kristijanto, MS.  
Data Iranata, ST, MT, Ph.d

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2015

# **MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SUSUN SEWA SUMUR WELUT KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA – BETON KOMPOSIT**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada**

**Bidang Studi Struktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :**

**MUHAMMAD ALI AKBAR**

**NRP. 3111 100 038**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:**

**Pembimbing I:**

**1. Ir. Heppy Kristijanto, MS.**

**Pembimbing II:**

**2. Data Iranata, ST, MT, Ph.D**



**SURABAYA  
JANUARI, 2016**



# **MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SUSUN SEWA SUMUR WELUT KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA – BETON KOMPOSIT**

Nama Mahasiswa : Muhammad Ali Akbar  
NRP : 3111100038  
Jurusan : Teknik Sipil  
Dosen Konsultasi : Ir. Heppy Kristijanto, MS.  
Data Iranata, ST, MT, Ph.D

## **ABSTRAK**

*Dalam Tugas Akhir ini dibahas mengenai desain struktur bangunan Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa) Sumur Welut yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur. Adapun data awal gedung terdiri dari 5 lantai dengan struktur balok, kolom terbuat dari beton, sedangkan modifikasi perencanaan menjadi struktur komposit baja-beton. Spesifikasi bangunan di desain ulang menjadi 15 lantai dengan struktur atap.*

*Struktur komposit merupakan perpaduan antara beton dan baja profil. Jika ditinjau dari segi kualitas dan*



*efisiensi waktu pekerjaan bangunan dengan struktur baja komposit lebih menguntungkan. Dengan menggunakan konstruksi komposit dalam desain suatu komponen struktur ternyata dapat diperoleh beberapa keuntungan sebagai berikut : dapat mereduksi berat profil baja yang dipakai, tinggi profil baja yang dipakai dapat dikurangi, meningkatkan kekakuan lantai, dapat menambah panjang bentang layan.*

*Kata kunci : rusunuawa sumur welut, komposit baja beton*

# **MODIFICATION OF THE PLANNING STRUCTURE OF THE BUILDING OF FLATS RENT WELLS WELUT SURABAYA USING STEEL STRUCTURE – REINFORCED CONCRETE COMPOSITE**

Name Of Student : Muhammad Ali Akbar  
NRP : 3111100038  
Majors : Civil Engineering  
Lecturer : Ir. Heppy Kristijanto, MS.  
Data Iranata, ST, MT, Ph.d

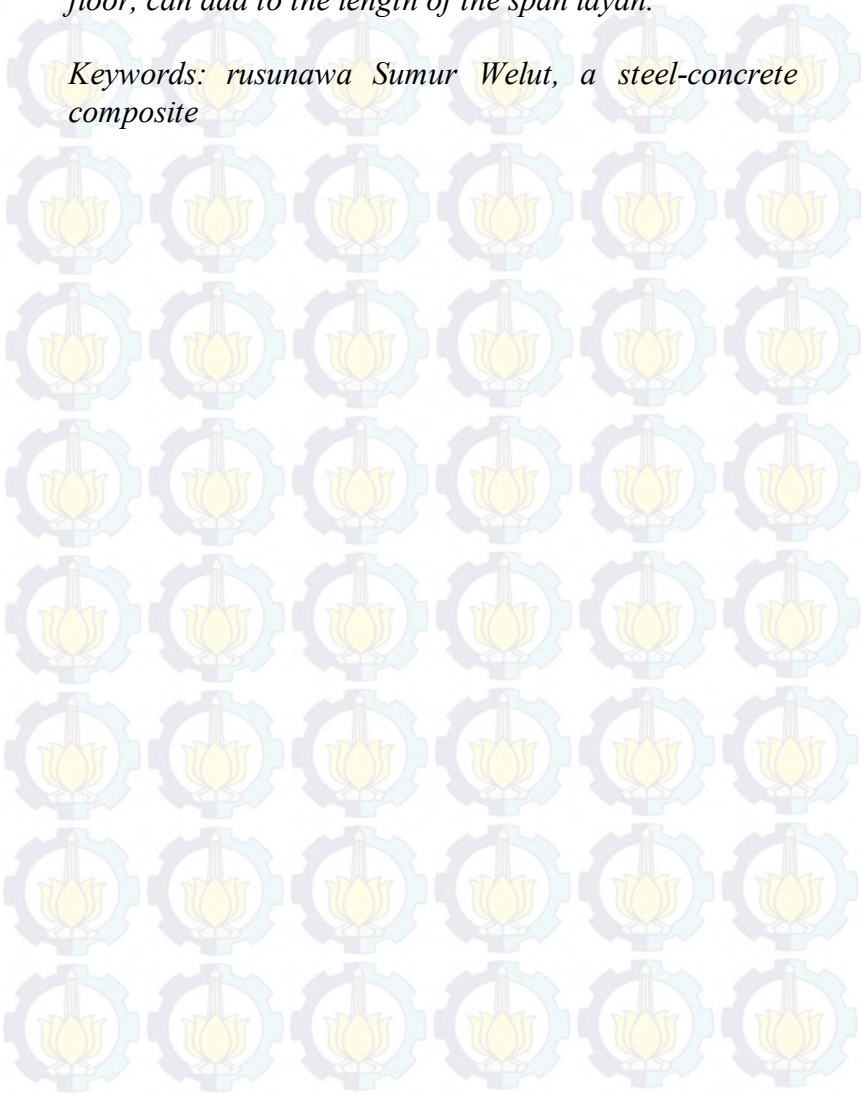
## **ABSTRACT**

*In this final Task is discussed about the structural design of simple Flats rent (Rusunawa) Sumur Welut located in Surabaya, East Java. As for the initial data of the building comprises 5 floors with beams, columns made of concrete, while the modification of composite structure planning of steel-reinforced concrete. Specifications of the buildings in the redesign becomes the 15th floor with a roof structure.*

*Composite structure is a combination of concrete and steel profiles. If in terms of the quality and efficiency of work time building with steel structure composite is more profitable. Using composite construction in the design of a component structure turned out to be obtained some of the following benefits: can reduce the weight of the steel profiles are used, the high profile of the steel that*

*is used can be reduced, increasing the rigidity of the floor, can add to the length of the span layan.*

*Keywords: rusunawa Sumur Welut, a steel-concrete composite*





## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat limpahan rahmat dan karuniaNya lah Tugas Akhir dengan judul “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Rumah Susun Sewa Sumur Welut Kota Surabaya Menggunakan Struktur Baja – Beton Komposit” ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu.

Penulis juga mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu selama pengerjaan tugas besar ini, terutama kepada :

1. Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya.
2. Ibu, dan keluarga tercinta, yang selalu memberi dukungan, doa, dan kasih sayangnya.
3. Shandyna Frisca Maria Ulfa yang selalu tak henti henti nya memberikan semangat, kasih sayang, dan dukungan nya dalam proses meraih kesuksesan.
4. Bapak Ir. Heppy Kristijanto, MS. selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Data Iranata, ST, MT,Ph.D, selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

6. Bapak Budi Suswanto, ST., MT., PhD selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil-FTSP ITS.
7. Teman-teman AGSO yang selalu memberi support dan semangat yang sangat berarti dalam proses perkuliahan saya.
8. Teman teman kos Bhaskara D 30 yang selalu membuat saya temotivasi lebih.
9. Teman – teman Sipil ITS 2011 S54, yang telah banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
10. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar dimasa datang menjadi lebih baik. Penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam Tugas Akhir ini.

Surabaya, 7 Januari 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	4
1.5. Manfaat .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Umum .....	5
2.2. Aksi Komposit .....	6
2.3. Lendutan .....	6
2.4. Balok Komposit .....	7
2.5. Kolom Komposit .....	7
2.6. Dek Baja Gelombang .....	8
2.7. Penghubung Geser .....	9
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	<b>11</b>
3.1. Umum .....	11
3.2. Diagram Alir Metodologi .....	11
3.3. Pengumpulan Data .....	12
3.3.1 Data Umum Bangunan.....	12
3.3.2 Data Modifikasi .....	13
3.4. Studi Literatur .....	13
3.5. Preliminary Design.....	14
3.5.1 Preliminary Design Balok .....	14



3.5.2	Preliminary Design Kolom .....	14
3.6	Pembebanan .....	14
3.7	Permodelan dan Analisa Struktur .....	17
3.7.1	Struktur Sekunder .....	17
3.7.2	Struktur Primer .....	17
3.7.2.1	Balok Komposit .....	17
3.7.2.2	Kolom Komposit .....	22
3.7.3	Sambungan .....	25
3.7.3.1	Klasifikasi Sambungan .....	26
3.7.3.2	Sambungan Baut .....	26
3.7.3.3	Sambungan Las .....	29

## **BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER**

	35 .....	51
4.1.	Perencanaan Tangga .....	35
4.1.1	Data Data Perencanaan Tangga .....	35
4.1.2	Perencanaan Pelat Anak Tangga .....	37
4.1.2.1	Perencanaan Pembebanan Pelat Tangga .....	37
4.1.2.2	Perhitungan Md dan MI .....	38
4.1.2.3	Perhitungan Kombinasi Pembebanan Mu .....	38
4.1.2.4	Kontrol Momen Lentur .....	38
4.1.2.5	Kontrol Lendutan .....	39
4.1.3	Perencanaan Pengaku Anak Tangga .....	39
4.1.3.1	Perencanaan Pembebanan Pelat Tangga .....	40
4.1.3.2	Perhitungan Md dan MI .....	41
4.1.3.3	Kombinasi Pembebanan .....	42
4.1.3.4	Kontrol Penampang Profil .....	42
4.1.3.5	Kontrol Kuat Geser .....	43
4.1.3.6	Kontrol Lendutan .....	44
4.1.4	Perencanaan Pelat Bordes .....	44
4.1.4.1	Pembebanan .....	45
4.1.4.2	Perhitungan Md dan MI .....	45
4.1.4.3	Kombinasi Pembebanan Mu .....	46
4.1.4.4	Kontrol Momen Lentur .....	46

4.1.4.5	Kontrol Lendutan .....	46
4.1.5	Perencanaan Balok Bordes.....	47
4.1.5.1	Pembebanan .....	47
4.1.5.2	Kombinasi Pembebanan .....	47
4.1.5.3	Kontrol Penampang.....	48
4.1.5.4	Kontrol Kuat Geser.....	49
4.1.5.5	Kontrol Lendutan .....	49
4.1.6	Perencanaan Balok Utama Tangga .....	50
4.1.6.1	Pembebanan Anak Tangga.....	50
4.1.6.2	Pembebanan Bordes .....	50
4.1.6.3	Perhitungan Gaya-gaya Dalam.....	51
4.1.6.4	Kontrol Penampang terhadap Tekuk Lokal .	55
4.1.6.5	Kontrol Penampang terhadap Tekuk Lateral	56
4.1.6.6	Kontrol Lendutan .....	56
4.1.7	Perencanaan Balok Penumpu Tangga .....	57
4.1.7.1	Pembebanan .....	57
4.1.7.2	Reaksi Perletakan.....	58
4.1.7.3	Momen Maksimum .....	58
4.1.7.4	Gaya Geser.....	58
4.1.7.5	Kontrol Lendutan .....	59
4.2	Perencanaan Struktur Lantai .....	60
4.2.1	Perencanaan Pelat Lantai Atap.....	60
4.2.2	Perencanaan Pelat Lantai 1-15 .....	62
4.3	Perencanaan Balok Lift .....	63
4.3.1	Perencanaan Balok Penggantung Lift .....	64
4.3.1.1	Data Perencanaan Penggantung Lift .....	65
4.3.1.2	Pembebanan .....	66
4.3.1.3	Kontrol Penampang terhadap Tekuk Lokal .	67
4.3.1.4	Kontrol Lateral Buckling .....	68
4.3.1.5	Kontrol Kuat Geser.....	69
4.3.1.6	Kontrol Lendutan .....	69
4.3.2	Perencanaan Balok Penumpu Lift.....	70
4.3.2.1	Data Perencanaan.....	70
4.3.2.2	Pembebanan .....	70
4.3.2.3	Kontrol Penampang terhadap Tekuk Lokal .	71

4.3.2.4	Kontrol Lateral Buckling .....	72
4.3.2.5	Kontrol Kuat Geser .....	73
4.3.2.6	Kontrol Lendutan .....	73
4.4	Perencanaan Balok Anak Atap dan Lantai ..	74
4.4.1	Kondisi Balok Anak Sebelum Komposit .....	75
4.4.1.1	Kontrol Lendutan .....	77
4.4.1.2	Kontrol Penampang terhadap Tekuk Lokal ..	77
4.4.1.3	Kontrol Penampang terhadap Tekuk Lateral	78
4.4.1.4	Kontrol Kuat Geser .....	80
4.4.2	Kondisi Balok Anak Setelah Komposit .....	81
4.4.2.1	Kontrol Penampang terhadap Tekuk Lokal ..	82
4.4.2.2	Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton .....	83
4.4.2.3	Menentukan Gaya Tekan yang terjadi pada pelat .....	83
4.4.2.4	Menentukan Jarak dari Centroid Gaya yang Bekerja .....	84
4.4.2.5	Menghitung Kekuatan Nominal Penampang .....	84
4.4.2.6	Menghitung Luasan Transformasi Beton ke Baja .....	84
4.4.2.7	Menentukan Letak Garis Netral .....	85
4.4.2.8	Menentukan Nilai Momen Inersia Penampang Transformasi .....	85
4.4.2.9	Kontrol Lendutan .....	86
4.4.2.10	Kontrol Geser .....	86
4.4.2.11	Perencanaan Penghubung Geser .....	87
<b>BAB V PERMODELAN STRUKTUR .....</b>		<b>89</b>
5.1	Pembebanan Struktur Utama .....	90
5.1.1	Berat Total Bangunan .....	92
5.2	Pembebanan Gempa Dinamis .....	92
5.2.1	Arah Pembebanan .....	92
5.2.2	Parameter Respon Spektrum Rencana .....	93
5.2.3	Faktor Reduksi Gempa .....	94



5.2.4	Faktor Keutamaan.....	94
5.3	Kontrol Desain.....	94
5.3.1	Kontrol Partisipasi Massa .....	94
5.3.2	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental... ..	95
5.3.3	Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum .....	97
5.3.4	Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai	
(drift)		98

## **BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER..... 106**

6.1	Umum.....	106
6.2	Perencanaan Balok Induk.....	106
6.2.1	Perencanaan Balok Melintang .....	106
6.2.1.1	Kondisi Sebelum Komposit .....	106
6.2.1.2	Kondisi Setelah Komposit.....	109
6.2.1.3	Zona Momen Positif .....	109
6.2.1.4	Zona Momen Negatif.....	114
6.2.1.5	Perencanaan Penghubung Geser .....	115
6.2.1.6	Cek Koefisien Reduksi .....	116
6.2.2	Perencanaan Balok Induk Memanjang .....	117
6.2.2.1	Kondisi Sebelum Komposit .....	117
6.2.2.2	Kondisi Setelah Komposit.....	120
6.2.2.3	Zona Momen Positif .....	120
6.2.2.4	Zona Momen Negatif.....	125
6.2.2.5	Perencanaan Penghubung Geser .....	126
6.2.2.6	Cek Koefisien Reduksi .....	127
6.3	Perencanaan Kolom Komposit .....	128

## **BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN..... 147**

7.1	Sambungan Balok Anak dengan Balok	
Induk		147
7.2	Sambungan Balok Induk dengan Kolom ...	150
7.2.1	Sambungan Balok Induk Melintang dengan	
	Kolom .....	150
7.2.2	Sambungan Balok Induk Memanjang dengan	
	Kolom .....	157

7.3	Sambungan Antar Kolom .....	165
7.4	Desain Base Plate .....	174
<b>BAB VIII PERENCANAAN PONDASI.....</b>		<b>183</b>
8.1	Perencanaan Pondasi .....	183
8.1.1	Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	183
8.1.2	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok....	183
8.1.3	Repartisi Beban-Beban Diatas Tiang Kelompok .....	189
8.1.4	Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral .....	192
8.2	Perencanaan Poer .....	192
8.2.1	Kontrol Geser Pons pada Poer.....	193
8.2.2	Penulangan Poer.....	197
8.3	Perencanaan Sloof Pondasi .....	205
<b>BAB IX PENUTUP.....</b>		<b>209</b>
9.1	Kesimpulan.....	209
9.2	Saran.....	210
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>211</b>
<b>LAMPIRAN</b>		
<b>BIOGRAFI</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perbandingan Antara Balok yang Melendut dengan dan Tanpa Aksi Komposit ( <i>Salmon &amp; Johnson, 1991</i> ) .....	6
Gambar 2.2	(a) Lantai Jembatan Komposit dengan Penghubung Geser, (b) Balok Baja yang Diselubungi Beton ( <i>Setiawan, 2008</i> ) .....	7
Gambar 2.3	Kolom Komposit dengan Profil Baja yang Dibungkus Beton, (b) Kolom Komposit dengan Pipa Baja yang Diisi Beton. ( <i>Setiawan, 2008</i> ).....	8
Gambar 2.4	Penampang Melintang Dek Baja Gelombang (SNI 03-1729-2002).....	8
Gambar 3.1	Diagram Alir .....	12
Gambar 3.2	Detail Sambungan Baseplate .....	31
Gambar 4.1	<i>Tampak atas tangga</i> .....	36
Gambar 4.2	<i>Tampak samping tangga</i> .....	36
Gambar 4.3	<i>Pelat anak tangga</i> .....	37
Gambar 4.4	<i>Tampak melintang anak tangga</i> .....	40
Gambar 4.5	<i>Sketsa pembebanan pelat anak tangga</i> .....	41
Gambar 4.6	<i>Pelat bordes</i> .....	45
Gambar 4.7	<i>Penampang Profil</i> .....	48
Gambar 4.8	<i>Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga</i> ....	51
Gambar 4.9	<i>Bidang M Balok Tangga</i> .....	53
Gambar 4.10	<i>Bidang D Balok Tangga</i> .....	54
Gambar 4.11	<i>Bidang N Balok Tangga</i> .....	55
Gambar 4.12	<i>Pembebanan Balok Penumpu Tangga</i> .....	57
Gambar 4.13	<i>Denah pelat atap</i> .....	60
Gambar 4.14	<i>Potongan pelat lantai atap</i> .....	61
Gambar 4.15	<i>Denah pelat lantai 1-15</i> .....	62
Gambar 4.16	<i>Potongan pelat lantai 1-15</i> .....	63
Gambar 4.17	<i>Denah Lift</i> .....	65
Gambar 4.18	<i>Sketsa perhitungan balok penggantung lift</i> ...	67
Gambar 4.19	<i>Sketsa perhitungan balok penumpu lift</i> .....	71



Gambar 4.20	<i>Denah Balok Anak</i> .....	75
Gambar 4.21	<i>Bidang D dan M pada komposit balok sebelum komposit</i> .....	76
Gambar 4.22	<i>Momen MA, MB, dan MC</i> .....	79
Gambar 4.23	<i>Bidang D dan M pada komposit balok setelah komposit</i> .....	82
Gambar 4.24	<i>Gaya yang terjadi pada balok komposit</i> .....	83
Gambar 4.25	<i>Lebar transformasi balok komposit</i> .....	85
Gambar 5.1	<i>Denah Struktur Rumah Susun Sumur Welut</i> ..	89
Gambar 5.2	<i>Dimensi Struktur Rumah Susun Sumur Welut</i> .....	90
Gambar 6.1	<i>Gaya yang terjadi pada balok komposit</i> .....	111
Gambar 6.2	<i>Lebar transformasi balok komposit</i> .....	112
Gambar 6.3	<i>Distribusi Tegangan Negatif Balok Induk Melintang</i> .....	114
Gambar 6.4	<i>Penampang bondeks</i> .....	116
Gambar 6.5	<i>Gaya yang terjadi pada balok komposit</i> .....	122
Gambar 6.6	<i>Lebar transformasi balok komposit</i> .....	123
Gambar 6.7	<i>Distribusi Tegangan Negatif Balok Induk Melintang</i> .....	125
Gambar 6.8	<i>Penampang bondeks</i> .....	127
Gambar 6.9	<i>Penampang Kolom Komposit</i> .....	129
Gambar 6.10	<i>Portal Bangunan</i> .....	132
Gambar 6.11	<i>Penampang Kolom Komposit</i> .....	137
Gambar 6.12	<i>Portal Bangunan</i> .....	140
Gambar 6.13	<i>Denah Tipe Kolom</i> .....	144
Gambar 7.1	<i>Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk</i> .....	149
Gambar 7.2	<i>Gaya – Gaya yang Bekerja pada Profil T untuk Sambungan Balok Induk Melintang dengan Kolom Bawah</i> .....	153
Gambar 7.3	<i>Sambungan Balok Induk Melintang dengan Kolom</i> .....	157

Gambar 7.4	<i>Gaya – Gaya yang Bekerja pada Profil T untuk Sambungan Balok Induk Melintang dengan Kolom Bawah.....</i>	161
Gambar 7.5	<i>Sambungan Balok Induk Memanjang dengan Kolom.....</i>	165
Gambar 7.6	<i>Sambungan Antar Kolom .....</i>	173
Gambar 7.7	<i>Sambungan Las pada Base Plate .....</i>	174
Gambar 7.8	<i>Desain baseplate .....</i>	176
Gambar 7.9	<i>Sambungan Kolom dengan Base Plate Arah x.....</i>	179
Gambar 7.10	<i>Sambungan Kolom dengan Base Plate Arah y.....</i>	182
Gambar 8.1	<i>Denah Pondasi.....</i>	185
Gambar 8.2	<i>Denah Pondasi P1 .....</i>	186
Gambar 8.3	<i>Denah Pondasi P2 .....</i>	188
Gambar 8.4	<i>Analisa poer sebagai balok kantilever pada arah X dan Y untuk P1 .....</i>	197
Gambar 8.5	<i>Analisa poer sebagai balok kantilever pada arah X untuk P2 .....</i>	200
Gambar 8.6	<i>Analisa poer sebagai balok perletakan sendi roll pada arah Y untuk P2 .....</i>	202

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Ukuran Las Sudut .....	29
Tabel 5.1	Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs E (Tanah Lunak) .....	93
Tabel 5.2	Rasio Partisipasi Massa Rumah Susun Sumur Welut .....	95
Tabel 5.3	Perioda Struktur.....	96
Tabel 5.4	Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa .....	98
Tabel 5.5	Simpangan Antar Lantai yang Terjadi Akibat Beban Gempa .....	100
Tabel 5.6	Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah X.....	101
Tabel 5.7	Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X.....	102
Tabel 5.8	Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah Y .....	103
Tabel 5.9	Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah Y .....	104
Tabel 6.1	Profil Kolom yang Digunakan Per Lantai.....	145
Tabel 8.1	Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral .....	192



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Permasalahan permukiman yang dihadapi kota besar seperti Surabaya saat ini semakin kompleks. Tingginya tingkat kelahiran dan migrasi penduduk yang terbentur pada kenyataan bahwa lahan di perkotaan semakin terbatas dan nilai lahan yang semakin meningkat serta mayoritas penduduk dari tingkat ekonomi rendah, menimbulkan permukiman – permukiman padat di kawasan yang dianggap strategis yaitu kawasan pusat kota, industri dan perguruan tinggi. Alternatif pembangunan yang dianggap paling sesuai dengan kondisi diatas yaitu pembangunan kearah vertikal, dalam hal ini adalah rumah susun (*Mahmudah, 2007*).

Sebagai bahan studi perencanaan akan dilakukan modifikasi terhadap struktur Rumah Susun Sederhana Sewa Sumur Welut yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur. Rumah Susun ini akan dibangun sebanyak 7 gedung yang terdiri dari 2 tipe gedung, yaitu Gedung AA – 2; AA – 3; AA – 4 yang berukuran 48m x 15m dan Gedung AA – 1; BB -1; BB – 2; BB – 3 yang berukuran 60m x 18m. Modifikasi hanya dilakukan terhadap Gedung BB - 1 Rusunawa Sumur Welut. Awalnya gedung ini didesain menggunakan struktur beton bertulang yang terdiri dari 5 lantai, yang selanjutnya akan dimodifikasi menjadi 15 lantai dengan menggunakan struktur komposit baja beton. Struktur atap yang sebelumnya terdiri dari rangka *solid beam* akan dimodifikasi menggunakan pelat komposit baja beton.

Struktur komposit merupakan perpaduan antara beton dan baja profil. Dimana perbedaan antara balok beton bertulang dengan balok komposit adalah untuk momen positif, pada beton bertulang gaya-gaya tarik yang terjadi pada elemen struktur dipikul oleh besi tulangan, sedangkan pada struktur komposit gaya-gaya tarik yang terjadi dipikul oleh profil baja.

Balok komposit dengan profil WF biasa sudah banyak digunakan dalam perencanaan suatu gedung. Hal ini dikarenakan keuntungan yang didapat dengan menggunakan struktur komposit pada suatu bangunan daripada menggunakan struktur beton bertulang. (*Setiawan, 2008*).

Keuntungan yang nyata dalam sistem komposit adalah

1. Penghematan berat baja.
2. Penampang balok baja yang digunakan dapat lebih kecil.
3. Kekakuan lantai meningkat
4. Kapasitas menahan beban lebih besar
5. Panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar

Penampang komposit mempunyai kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan penampang lempeng beton dan gelagar baja yang bekerja sendiri-sendiri dan dengan demikian dapat menahan beban yang lebih besar atau beban yang sama dengan lenturan yang lebih kecil pada bentang yang lebih panjang. Apabila untuk mendapatkan aksi komposit bagian atas gelagar dibungkus dengan lempeng beton, maka akan didapat pengurangan pada tebal seluruh lantai, dan untuk bangunan-bangunan pencakar langit, keadaan ini memberikan penghematan yang cukup besar dalam volume, pekerjaan pemasangan kabel-kabel, pekerjaan saluran pendingin ruangan, dinding-dinding, pekerjaan saluran air, dan lain-lainnya (*Amon, Knobloch & Mazumder, 1999*).

Maka dalam penulisan tugas akhir ini akan direncanakan modifikasi gedung rusunawa Sumur Welut menggunakan struktur baja – beton komposit dan penambahan lantai menjadi 15 lantai yang memenuhi persyaratan keamanan struktur.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dalam memodifikasi perencanaan gedung BB - 1 Rumah Susun Sederhana Sewa Sumur Welut dengan

menggunakan struktur komposit baja beton, ditinjau beberapa masalah antara lain :

1. Bagaimana merencanakan *preliminary design* modifikasi struktur baja – beton komposit ?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat lantai, balok anak, dan tangga?
3. Bagaimana mengasumsikan pembebanan setelah adanya modifikasi ?
4. Bagaimana pemodelan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu *SAP 2000* ?
5. Bagaimana merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom ?
6. Bagaimana merencanakan sambungan yang sesuai ?
7. Bagaimana merencanakan pondasi yang sesuai dengan besarnya beban yang dipikul ?
8. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dalam bentuk gambar teknik ?

### 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari modifikasi perencanaan gedung BB - 1 Rumah Susun Sederhana Sewa Sumur Welut dengan menggunakan struktur komposit baja beton yaitu :

1. Merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat lantai, balok anak, dan tangga.
2. Mengasumsikan pembebanan setelah adanya modifikasi.
3. Memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu *SAP 2000*.
4. Merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom.
5. Merencanakan sambungan yang sesuai.
6. Merencanakan pondasi yang sesuai dengan besarnya beban yang dipikul.
7. Menuangkan hasil perencanaan dalam bentuk gambar teknik.



#### 1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dan pembahasan pada tugas akhir ini dibatasi oleh beberapa hal antara lain :

1. Modifikasi hanya dilakukan terhadap struktur Gedung BB - 1 Rusunawa Sumur Welut.
2. Perencanaan tidak meliputi instalasi mekanikal, elektrikal dan saluran air.
3. Tidak meninjau dari segi metode pelaksanaan, analisa biaya, arsitektural, dan manajemen konstruksi secara detail.
4. Program bantu yang digunakan adalah *SAP 2000* dan *Autocad*.

#### 1.5 Manfaat

1. Mendapat pemahaman tentang konsep merencanakan struktur baja – beton komposit yang memenuhi persyaratan keamanan struktur
2. Dapat mengetahui hal hal yang harus diperhatikan pada saat perencanaan sehingga kegagalan struktur dapat dihindari
3. Dapat memberikan dan menjadi panduan dalam penerapan system perencanaan dan pelaksanaan struktur baja – beton komposit.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Struktur komposit antara beton dan balok baja merupakan struktur yang memanfaatkan kelebihan dari beton dan baja yang bekerja bersama-sama sebagai satu kesatuan. Kelebihan tersebut adalah beton kuat terhadap tekan dan baja kuat terhadap tarik. Balok baja yang menumpu konstruksi pelat beton yang di cor ditempat, sebelumnya didesain berdasarkan asumsi bahwa pelat beton dan baja dalam menahan beban bekerja secara terpisah. Pengaruh komposit dari pelat beton dan baja yang bekerja bersama – sama tidak diperhitungkan. Pengabaian ini berdasarkan asumsi bahwa ikatan antara pelat beton dengan bagian atas balok baja tidak dapat diandalkan. Namun dengan kemajuan penggunaan las, penggunaan penyambung geser mekanis menjadi praktis untuk menahan gaya geser horizontal. (*Widiarsa & Deskarta, 2007*)

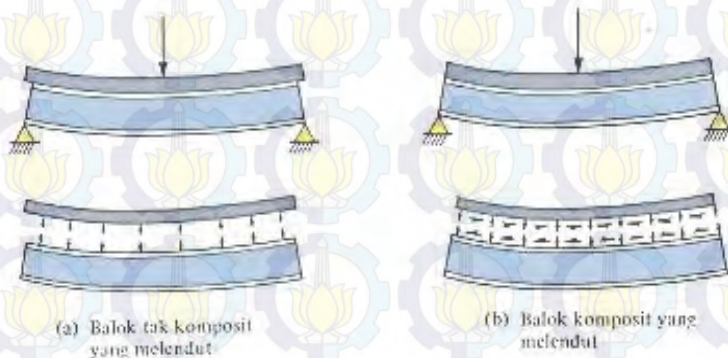
Karena struktur komposit melibatkan dua macam material yang berbeda, maka perhitungan kapasitasnya tidak sesederhana bila struktur bukan komposit. Karakteristik dan dimensi kedua bahan akan menentukan bagaimana pemilihan jenis profil dan pelat beton yang akan dikomposisikan dan kinerja struktur tersebut. (*Suprobo, 2000*)

Struktur komposit dalam aplikasinya dapat merupakan elemen dari bangunan, baik sebagai balok, kolom, dan pelat. Struktur balok komposit terdiri dari dua tipe yaitu balok komposit dengan penghubung geser dan balok komposit yang diselubungi beton. Kolom komposit dapat merupakan tabung atau pipa baja yang dicor beton atau baja profil yang diselimuti beton dengan tulangan longitudinal dan diikat dengan tulangan lateral. Pada struktur pelat komposit

digunakan pelat beton yang bagian bawahnya diperkuat dengan dek baja bergelombang. (Widiarsa & Deskarta, 2007).

## 2.2 Aksi Komposit

Aksi komposit terjadi apabila dua batang struktural pemikul beban, seperti pada pelat beton dan balok baja sebagai penyangganya, dihubungkan secara menyeluruh dan mengalami defleksi sebagai satu kesatuan. (Widiarsa & Deskarta, 2007)



**Gambar 2.1** Perbandingan Antara Balok yang Melendut dengan dan Tanpa Aksi Komposit (Salmon & Johnson, 1991)

## 2.3 Lendutan

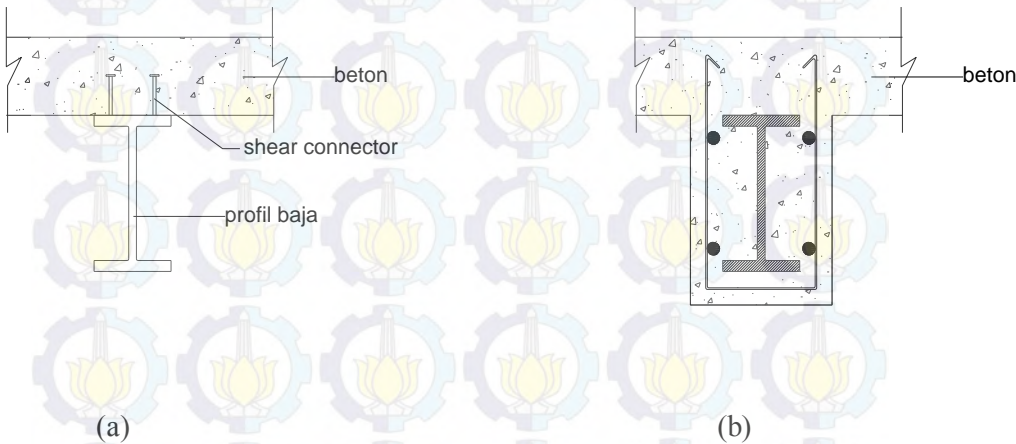
Komponen struktur komposit memiliki momen inersia yang lebih besar daripada komponen struktur non komposit, akibatnya lendutan pada komponen struktur komposit akan lebih kecil. Momen inersia dari komponen struktur komposit hanya dapat tercapai setelah beton mengeras, sehingga lendutan yang diakibatkan oleh beban-beban yang bekerja



sebelum beton mengeras, dihitung berdasarkan momen inersia dari profil baja saja.

#### 2.4 Balok Komposit

Balok adalah salah satu diantara elemen-elemen struktur yang paling banyak dijumpai pada setiap struktur. Balok adalah elemen struktur yang memikul beban yang bekerja tegak lurus dengan sumbu longitudinalnya. Hal ini akan menyebabkan balok melentur. Balok komposit dapat dibentuk dari profil baja yang diberi penghubung geser (shear connector) pada sayap atas profil baja atau dapat pula dari profil baja yang dibungkus dengan beton.

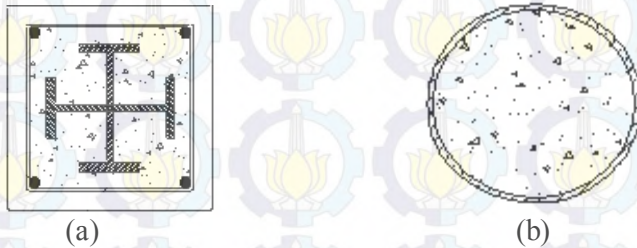


**Gambar 2.2** (a) Lantai Jembatan Komposit dengan Penghubung Geser, (b) Balok Baja yang Diselubungi Beton (Setiawan, 2008)

#### 2.5 Kolom Komposit

Kolom komposit dapat dibentuk dari pipa baja yang diisi dengan beton polos atau dapat pula dari profil baja hasil

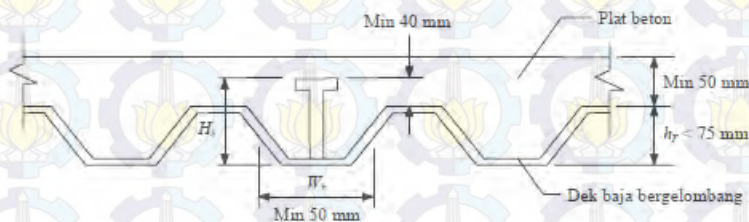
gilas panas yang dibungkus dengan beton dan diberi tulangan baja serta sengkang, seperti halnya pada kolom beton biasa.



**Gambar 2.3** Kolom Komposit dengan Profil Baja yang Dibungkus Beton, (b) Kolom Komposit dengan Pipa Baja yang Diisi Beton. (Setiawan, 2008)

## 2.6 Dek Baja Gelombang

Perkembangan struktur komposit dimulai dengan digunakannya dek baja gelombang, yang selain berfungsi sebagai bekisting saat pelat beton dicetak, juga berfungsi sebagai tulangan positif bagi pelat beton. Penggunaan dek baja juga dapat dipertimbangkan sebagai dukungan dalam arah lateral dari balok sebelum beton mulai mengeras.



**Gambar 2.4** Penampang Melintang Dek Baja Gelombang (SNI 03-1729-2002)

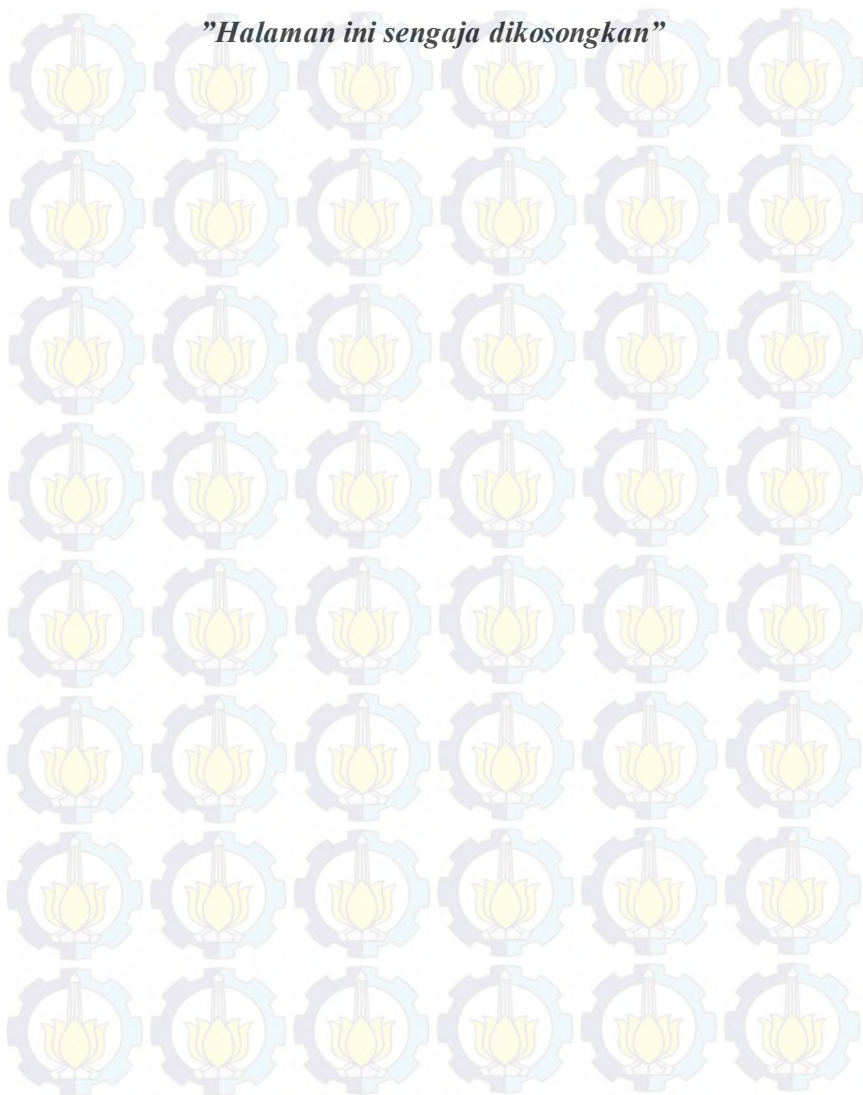
## 2.7 Penghubung Geser

Komposit baja-beton diasumsikan dapat bekerja bersama-sama menahan beban, dengan bantuan alat penghubung geser (shear connector) yang dipasang pada sayap atas dari baja profil. Alat penghubung geser tersebut menghasilkan interaksi yang diperlukan untuk aksi komposit antara balok baja profil dan plat beton, yang sebelumnya hanya menghasilkan lekatan untuk balok yang ditanam seluruhnya dalam beton. (Khatulistani, 2003)

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan. Besarnya gaya geser horizontal yang harus dipikul oleh penghubung geser diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.6.2.



*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*



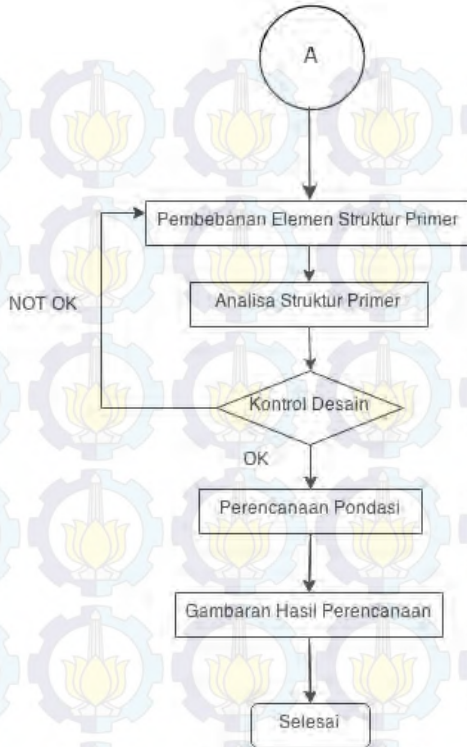
## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Umum

Metodologi ini akan menguraikan dan menjelaskan urutan pelaksanaan penyelesaian tugas akhir. Mulai dari pengumpulan data, literatur, preliminary design, analisa elemen (primer dan sekunder), analisa beban (gravitasi, angin, gempa), dan pedoman perencanaan, sampai dengan kesimpulan akhir dari analisa struktur ini yaitu untuk mendapatkan perencanaan gedung.

### 3.2 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir





**Gambar 3.1** Diagram Alir

### 3.3 Pengumpulan data

Mencari data umum bangunan dan data tanah gedung Rumah Susun Sumur Welut.

#### 3.3.1 Data umum bangunan

Nama Gedung	: Rumah Susun Sederhana Sewa Sumur Welut
Lokasi	: Sumur Welut, Surabaya
Fungsi	: Rumah Susun
Jumlah Lantai	: 5 Lantai
Tinggi Gedung	: 24,17 m



## Material Struktur : Beton Bertulang

### 3.3.2 Data Modifikasi

Adapun Tugas Akhir ini akan dimodifikasi perencanaannya menggunakan material baja dengan data-data sebagai berikut :

Nama Gedung	: Rumah Susun Sederhana Sewa Sumur Welut
Lokasi Gedung	: Sumur Welut, Surabaya
Fungsi Gedung	: Rumah Susun
Tinggi Gedung	: 54 m
Jumlah Lantai	: 15 Lantai
Material Struktur	: Baja – Beton Komposit
Mutu Baja	: BJ 41
Mutu Beton	: $f_c' 30$

Gambar modifikasi gedung dan lampiran dapat dilihat pada lampiran

### 3.4 Studi literatur

Melakukan studi terhadap literatur yang berkaitan dengan perencanaan struktur komposit baja beton. Literatur yang digunakan adalah sebagai berikut :

- STRUCTURAL STEEL DESIGN , LRFD METHOD : “Jack C. McCormac”
- STRUCTURAL STEEL DESIGN , LRFD APPROACH : “J.C.Smith”
- STEEL STRUCTURE AND BEHAVIOUR, LRFD : “Charles G Salmon & John E Johnson”
- SNI 03-1729-2002 : “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung”
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983
- SNI 03-1726-2012 : “Tata Cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan non gedung.
- Tabel Profil Baja
- Buku Ajar : Struktur Baja I

i) Buku Ajar : Struktur Baja II

### 3.5. Preliminary design

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan.

#### 3.5.1 Preliminary design balok

$$Z_p = \frac{M_u}{\phi f_y}$$

Dari nilai  $Z_p$  ini akan didapat rencana awal dimensi balok, dimana :

$M_u$  : Momen ultimate beban

$\phi$  : Faktor reduksi lentur

$M_n$  : Momen nominal

$Z_p$  : momen tahan plastis

$f_y$  : tegangan leleh baja

#### 3.5.2 Preliminary dimensi kolom

$$A = \frac{P_u}{\phi f_y}$$

Dari nilai  $A$  ini akan didapat rencana awal dimensi kolom dimana :

$P_u$  : gaya aksial beban

$\phi$  : factor reduksi gaya aksial tekan

$P_u$  : momen nominal

$A$  : luas penampang

### 3.6 Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur ini berdasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) dan SNI 03-1726-2002. Pembebanan tersebut antara lain.

a. Beban mati (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.1)

Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu ... yang bersifat tetap termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian – penyelesaian, mesin – mesin serta peralatan tetrap yang menjadi bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

Berat sendiri bahan bangunan yang dipakai dan komponen gedung ( dari table 2.1) :

- Beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Adukan dari semen (per cm tebal) : 21 kg/m<sup>2</sup>
- Apal (per cm tebal) : 14 kg/m<sup>2</sup>
- Pasangan bata merah 1 batu : 450 kg/m<sup>2</sup>
- Penutup lantai (per cm tebal) : 24 kg/m<sup>2</sup>
- Plafond : 11 kg/m<sup>2</sup>
- Penggantung Plafond : 7 kg/m<sup>2</sup>
- Berat volume AC dan perpipaan : 25 kg/m<sup>2</sup>

b. Beban hidup (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.2)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah, mesin – mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut/

- Beban hidup pada atap : 100 kg/m<sup>2</sup> (pasal 3.2.1)
- Beban hidup pada lantai : 250 kg/m<sup>2</sup> (pasal 3.1.1)
- Beban hidup pada elevator : 400 kg/m<sup>2</sup> (table 3.1)
- Beban hidup pada tangga : 300 kg/m<sup>2</sup> (table 3.1)

c. Beban angin (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.3)

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.



Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negative (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang – bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negative ini dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$ , ditentukan dengan mengalihkan tekanan tiup yang ditentukan dalam pasal 4.2 (PPIUG 1983) dengan koefisien – koefisien angin yang ditentukan dalam pasal 4.3 (PPIUG 1983).

d. Beban gempa

Beban gempa yang digunakan sesuai SNI 03-1726-2012, dimana wilayah gempa terbagi sesuai percepatan respon spektrumnya. Beban geser dasar nominal statik ekivalen  $V$  yang terjadi dari tingkat dasar dihitung sesuai SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.  $V$  ini harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung ke masing-masing lantai ( $F$ ) sesuai SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.3.

Beban-beban yang dibebankan kepada struktur tersebut dibebankan kepada komponen struktur menggunakan kombinasi beban berdasarkan SNI 03-1729-2002 sehingga struktur memenuhi syarat keamanan. Kombinasi pembebanan tersebut antara lain :

- a.  $U = 1,4 D$
- b.  $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
- c.  $U = 1,2 D \pm 1,0 E + \gamma_L L$
- d.  $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan :

- $U$  = Beban Ultimate
- $D$  = Beban Mati
- $L$  = Beban Hidup
- $L_a$  = Beban Atap
- $H$  = Beban Hujan
- $E$  = Beban Gempa

### 3.7 Permodelan dan Analisa Struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program SAP 2000 yang direncanakan sebagai struktur ruang 3 dimensi untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur rangka utama.

#### 3.7.1 Struktur sekunder

Perhitungan struktur sekunder meliputi :

1. Perencanaan Tangga
2. Perencanaan Pelat Lantai
3. Perencanaan Pelat Atap
4. Perencanaan Balok Anak
5. Perencanaan Lift

#### 3.7.2 Struktur primer

Desain elemen struktur primer dikontrol berdasarkan SNI 03-1729-2002 agar dapat memikul gaya-gaya yang terjadi. Perencanaan elemen struktur primer meliputi:

##### 3.7.2.1 Balok komposit

Balok komposit yang digunakan adalah Balok Komposit dengan Penghubung Geser Balok seperti pada gambar 2.2 (a)

- **Kekuatan balok komposit dengan penghubung geser (SNI 03-1729-2002 pasal 12.4.2.1)**

##### a. Kekuatan lentur positif ( LRFD pasal 12.4.2.1)

- Untuk penampang berbadan kompak

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

Dengan  $\phi_b = 0,85$

Kekuatan lentur positif ( $M_n$ ) dapat dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan lastis pada penampang komposit.

- Untuk penampang berbadan tidak kompak ;

$$\frac{h}{tw} > \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

Dengan  $\phi_b = 0,9$

Kekuatan lentur positif dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan elastis. Pada kondisi ini, kekuatan lentur batas penampang ditentukan oleh terjadinya leleh pertama.

b. Kuat lentur negatif rencana  $\phi_b \cdot M_n$  yang dihitung untuk penampang baja saja, dengan mengikuti ketentuan – ketentuan pada butir 8 (LRFD pasal 12.42.2.2)

- Lebar efektif plat lantai

-Untuk gelagar interior ( balok tengah)

$$b_{eff} \leq \frac{L}{4}$$

$$b_{eff} \leq b_o \text{ (untuk jarak balok yang sama)}$$

-Untuk gelagar eksterior (balok tepi)

$$b_{eff} \leq \frac{L}{8}$$

$$b_{eff} \leq \frac{b_o}{2} + (\text{jarak dari pusat ke balok pinggir slab})$$

Dimana :  $L$  = bentang balok

$B_o$  = bentang antar balok

- Menghitung momen nominal ( $M_n$ )

- Perhitungan  $M_n$  berdasar distribusi tegangan plastis :

a). Menghitung momen nominal ( $M_n$ ) positif



1. Menentukan gaya tekan (C) pada beton

$$C = 0,85 \cdot f_c \cdot t_p \cdot b_{eff}$$

Menentukan gaya tarik (T) pada baja :

$$T = A_s \cdot f_y$$

Diipilih nilai yang terkecil dari kedua nilai di atas

2. Menentukan tinggi blok tekan efektif

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_{eff}}$$

3. Kekuatan momen nominal :

$$M_n = C \cdot d_1 \text{ atau } T \cdot d_1$$

Bila kekuatan nominal dinyatakan dalam bentuk gaya baja akan diperoleh :

$$M_n = A_s \cdot f_y \left( \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right)$$

b). Menghitung momen nominal (  $M_n$  ) negative

1. Menentukan lokasi gaya tarik pada balok baja

$$T = n \cdot A_r \cdot f_{yr}$$

$$P_{yc} = A_s \cdot f_y$$

Gaya pada sayap ;  $P_f = b_f \cdot t_f \cdot f_y$

Gaya pada badan ;  $P_w = \frac{P_{yc} - T}{2} - P_f$

$$a_w = \frac{P_w}{t_w \cdot f_y}$$

## 2. Menghitung jarak ke centroid

$$d1 = hr + tb - c$$

$$d2 = \frac{(Pf \cdot 0,5 \cdot tf) + (Pw \cdot tf + 0,5 \cdot a \cdot web)}{Pf + Pw}$$

$$d3 = \frac{d}{2}$$

## 3. Menghitung momen ultimate :

$$Mn = T(d1 + d2) + Pyc(d3 - d2)$$

- Kuat Geser Rencana Balok Komposit :

Kuat geser rencana ( $\phi_s V_n$ ) ditentukan berdasarkan kuat geser penampang baja saja. ( $\phi = 0,9$ )

- bila :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{knE}{fy}} \rightarrow Vn = 0,6 \cdot fy \cdot Aw$$

Pelat badan leleh  $\rightarrow$  Plastis

- bila

$$: 1,10 \sqrt{\frac{knE}{fy}} < \frac{h}{tw} \leq 1,37 \sqrt{\frac{knE}{fy}} \rightarrow Vn = 0,6 \cdot fy \cdot Aw \times \frac{1,10 \sqrt{\frac{knE}{fy}}}{h/tw}$$

Pelat badan menekuk inelastic  $\rightarrow$  “Inelastic Buckling”

- bila :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,37 \sqrt{\frac{knE}{fy}} \rightarrow Vn = 0,9Aw \frac{knE}{(h/tw)^2}$$

Dimana :

$h$  = tinggi bersih pelat badan

$t_w$  = tebal pelat badan

$a$  = jarak pengaku vertical plat badan

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

$E$  = Modulus elastis (Mpa)

$F_y$  = Tegangan leleh (Mpa)

$A_w$  = Luas penampang pelat badan penuh (  $A_w = d t_w$  )

- Penghubung geser

Kekuatan penghubung geser jenis paku (LRFD Pasal 12.6.3)

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (\sqrt{f_c' \cdot E_c}) r_s \leq A_{sc} \cdot f_u$$

Dimana :

$r_s$  untuk balok tegak lurus balok :

$$r_s = \frac{0,85}{\sqrt{N r}} * \left(\frac{w r}{h r}\right) * \left(\frac{H_s}{h r} - 1\right) \leq 1$$

$r_s$  untuk balok sejajar balok

$$r_s = \frac{0,85}{\sqrt{N r}} * \left(\frac{w r}{h r}\right) * \left(\frac{H_s}{h r} - 1\right) \leq 1$$

$N_r$  = jumlah stud setiap gelombang

$H_s$  = tinggi stud



hr = tinggi bondek

wr = lebar efektif bondek

Asc = Luas penampang shear connector

fu = Tegangan putus penghubung paku/stud

Qn = Kuat nominal geser untuk penghubung geser

Jumlah penghubung geser (shear connector) yang dibutuhkan, yaitu :  $n = \frac{c}{Q_n}$

### 3.7.2.2 Kolom Komposit

Kolom Komposit yang digunakan adalah Kolom Komposit dengan profil baja yang dibungkus beton pada gambar 2.3 (a)

- Kuat rencana kolom komposit

Untuk menghitung kuat rencana kolom komposit dihitung dengan rumus :

$$\Phi_c N_n = 0,85 A_s f_{cr}$$

$$\text{Dengan : } f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega}$$

Dimana :  $\omega$  = factor tekuk

Untuk :  $\lambda_c \leq 0,25$

maka  $\omega = 1$

$$0,25 \leq \lambda c \leq 1,2$$

$$\text{maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda c}$$

$$\lambda c \geq 1,2$$

$$\text{maka } \omega = 1.25 \lambda^2 c$$

$$\text{dimana: } \lambda c = \frac{kc \cdot L}{f_m \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}}$$

$$= f_y + C1 \cdot f_{yr} \left( \frac{A_r}{A_s} \right) + C2 \cdot f_{e'} \left( \frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$E_m = E + C3 \cdot E_c \left( \frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$E_c = 0,041 \cdot w^{1,5} \cdot \sqrt{f_{c'}}$$

$r_m$  = jari – jari girasi kolom komposit, mm

$f_{my}$  = Tegangan leleh kolom komposit, Mpa

$f_{yr}$  = Tegangan leleh tulangan, Mpa

$E_m$  = Modulus elastisitas kolom komposit, Mpa

$w$  = Berat jenis beton

$A_r$  = Luas tulangan longitudinal, mm<sup>2</sup>

$A_c$  = Luas penampang beton, mm<sup>2</sup>

$A_s$  = Luas penampang profil baja, mm<sup>2</sup>

$E$  = Modulus elastisitas baja, Mpa

$E_c$  = Modulus elastisitas beton, Mpa

$f_{cr}$  = Tegangan tekan kritis, Mpa

$f_c'$  = Kuat tekan karakteristik beton, Mpa

$k_c$  = Faktor panjang efektif kolom

$L$  = Panjang unsur struktur, mm

$N_n$  = Kuat aksial nominal, N

$\lambda_c$  = Parameter kelangsingan

$\phi_c$  = Faktor reduksi beban aksial tekan

$\omega$  = Faktor tekuk

Pada persamaan di atas,  $c_1$ ,  $c_2$ , dan  $c_3$  adalah koefisien yang besarnya

a). Untuk pipa baja yang diisi beton :

$$c_1 = 1, c_2 = 0,85, \text{ dan } c_3 = 0,4$$

b). Untuk profil baja yang diberi selubung beton :

$$c_1 = 0,7, c_2 = 0,6, \text{ dan } c_3 = 0,2$$

Kekuatan rencana kolom komposit yang menahan beban kombinasi aksial dan lentur (LRFD pasal 7.4.3.3).

a. 
$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} \geq 0,2$$

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ny}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

b. 
$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} < 0,2$$



$$\frac{Nu}{2\phi \cdot Nn} + \left( \frac{Mux}{\phi b \cdot Mn timer} + \frac{Mny}{\phi b \cdot Mny} \right) \leq 1.0$$

Dimana :

$Nu$  = Gaya aksial (tarik atau tekan) terfaktor, N

$Nn$  = Kuat nominal penampang, N

$\phi$  = Faktor reduksi kekuatan

$\phi_c$  = 0,85 (struktur tekan)

$\phi_b$  = 0,90 (struktur lentur)

$Mnx, Mny$  = Momen lentur nominal penampang komponenstruktur masing – masing terhadap sumbu x dan sumbu y, N mm

$Mux, Muy$  = Momen lentru terfaktor masing –masing terhadap sumbu x dan sumbu y, N mm

### 3.7.3 Sambungan

Kuat rencana setiap komponen tidak boleh kurang dari beban terfaktor yang dihitung. Perencanaan sambungan harus memenuhi persyaratan (SNI 03-1729-2002 pasal 13.1.3)

1. Gaya dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya –gaya yang bekerja pada sambungan
2. Deformasi pada sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan
3. Sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya- gaya yang bekerja padanya.

### 3.7.3.1 Klasifikasi Sambungan

1. Sambungan kaku / Rigid connection adalah sambungan yang dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut – sudut di antara komponen – komponen struktur yang akan disambung
2. Sambungan semi kaku / Semi rigid connection adalah sambungan yang tidak memiliki kekakuan yang cukup mempertahankan sudut – sudut diantara komponen – komponen struktur yang disambung, namun harus dianggap memiliki kapasitas yang cukup untuk memberikan kekangan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut – sudut tersebut
3. Sambungan sendi / Simple connection adalah sambungan yang pada kedua ujung komponen struktur dianggap bebas momen. Sambungan sendi harus dapat berubah bentuk agar memberikan rotasi yang diperlukan pada sambungan. Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap komponen struktur yang disambung.

### 3.7.3.2 Sambungan Baut

- Kontrol jarak baut (sesuai SNI 03-1729-2002 pasal 13.4 )

Jarak tepi minimum :  $1.5 d_b$

Jarak tepi maksimum :  $(4t_p + 100 \text{ mm})$  atau 200 mm

Jarak minimum antar baut :  $3d_b$

Jarak maksimum antar baut :  $15t_p$  atau 200 mm

- Kekuatan rencana baut

- a. Kekuatan rencana geser baut (SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.1)

$$\phi V_n = \phi r_1 \cdot f_u \cdot A_b \cdot m$$

Dimana :

$m$  = jumlah bidang geser

$r_1$  = 0,50 tanpa ulir pada bidang geser baut

$r_1$  = 0,4 ada ulir pada bidang geser baut

$f_u$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = Luas bruto penampang baut

$\phi$  = 0,75 faktor reduksi kekuatan putus

b. Kekuatan rencana tumpu baut dengan plat (SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.4)

$$\phi f R_n = \phi f 2,4 d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

Dimana :

$d_b$  = diameter nominal baut

$t_p$  = tebal plat tertipis

$f_u$  = tegangan tarik putus terkecil antara baut dan pelat

$\phi$  = 0,75 faktor reduksi

- Kekuatan baut memikul beban tarik (SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.2 )

Kekuatan rencana tarik dari baut :



$$\phi T_n = \phi 0,75 \cdot f_u \cdot A_b$$

Dimana :

$f_u$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = luasan bruto penampang baut

$\phi$  = 0,75 faktor reduksi

- Baut mutu tinggi tipe gesek

a. Baut hanya menerima beban geser ( $V_u$ ) (SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.3.1)

Kuat geser nominal :

$$\phi V_n = \phi 1,13 \mu m T_b$$

Dimana :

$\mu$  = koefisien geser

$m$  = jumlah bidang geser

$T_b$  = Gaya tarik min

$\phi$  = 1 untuk lubang standar

$\phi$  = 0,85 untuk lubang selot pendek dan besar

$\phi$  = 0,70 untuk lubang selot panjang  $\perp$  arah kerja beban

$\phi$  = 0,60 untuk lubang selot panjang  $\parallel$  arah kerja beban

- b. Baut menerima beban kombinasi geser ( $V_u$ ) dan tarik ( $T_u$ ) (SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.3.3)

Bila disamping beban geser ( $V_u$ ) baut juga menerima beban tarik  $T_u$ , maka kuat geser nominal direduksi sebagai berikut :

$$V_d = \phi V_n \left[ 1 - \frac{T_u}{1,13 T_b} \right]$$

### 3.7.3.3 Sambungan Las

#### 3.7.3.3.1 Las tumpul

##### 3.7.3.3.1.1 Tebal Rencana Las

Tebal rencana las tumpul dibagi menjadi dua jenis, yaitu las tumpul penetrasi penuh dan las tumpul penetrasi sebagian, sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.2.3.

##### 3.7.3.3.2 Las Sudut

Ukuran minimum las sudut, selain dari las sudut yang digunakan untuk memperkuat las tumpul, ditetapkan sesuai dengan Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Ukuran Las Sudut

Tebal bagian paling tebal, $t$ [mm]	Tebal minimum las sudut, $t_w$ [mm]
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

### 3.7.3.3.2.1 Ukuran Maksimum Las Sudut Sepanjang Tepi

Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi komponen yang disambung tidak boleh melampaui nilai-nilai dalam SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.3.

### 3.7.3.3.2.2 Panjang Efektif

Panjang efektif las sudut sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.5

### 3.7.3.3.2.3 Kuat Las Sudut

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las,  $R_u$ , harus memenuhi: (SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.10)

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

dengan,

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 \cdot t_f (0,6 f_{uw}) \text{ (las)}$$

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 \cdot t_f (0,6 f_u) \text{ (bahan dasar)}$$

dengan  $\phi_f = 0,75$  faktor reduksi kekuatan saat fraktur

Keterangan:

$f_{uw}$  adalah tegangan tarik putus logam las, MPa

$f_u$  adalah tegangan tarik putus bahan dasar, MPa

$t_f$  adalah tebal rencana las, mm

## 3.8 Pelat Lantai

Pelat lantai yang digunakan adalah system dek baja bergelombang (bondek)

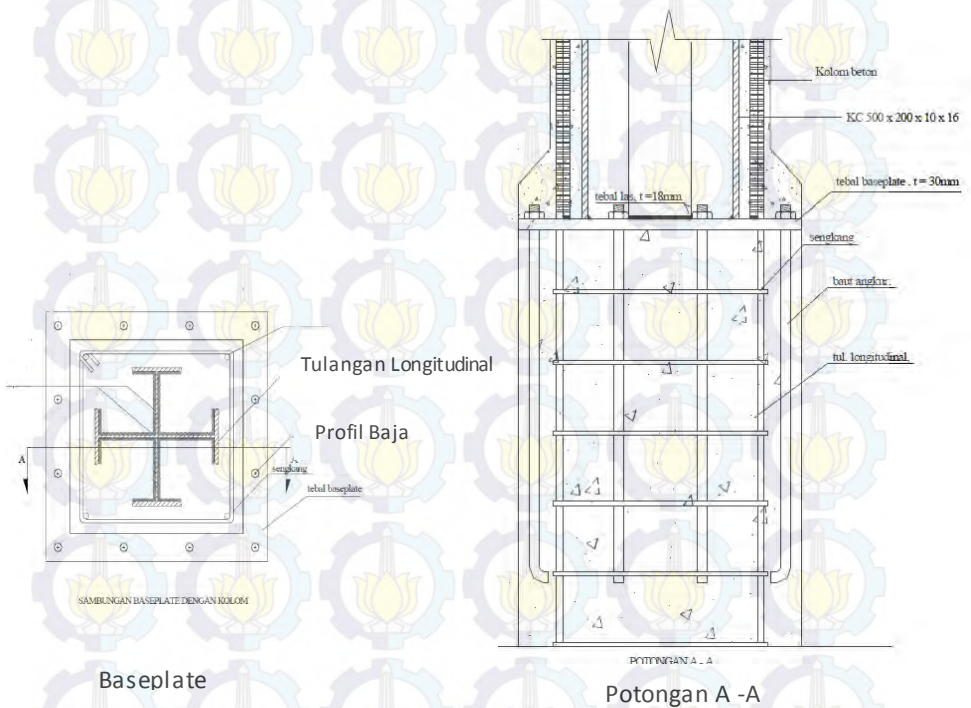
## 3.9 Struktur Bawah

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif kecil, sedangkan untuk pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti pada gedung yang



berlantai banyak dikatakan pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi ( $D$ ) dengan diameternya ( $B$ ) adalah lebih besar sama dengan 10 ( $D/B \geq 10$ ). Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenis, antara lain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), dan lain sebagainya.

Sambungan antara kolom dan pondasi, dihubungkan dengan baseplate yang disambungkan dengan pedestal dan selanjutnya disambungkan dengan pile cap.



**Gambar 3.2** Detail Sambungan Baseplate

### 3.9.1 Pondasi Tiang Pancang

#### 3.9.1.1 Daya Dukung Tiang Tunggal

Pondasi direncanakan menggunakan tiang spun pile dengan perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan hasil dari *Standart Penetration Test* (SPT).

#### 3.9.1.2 Daya dukung dukung tiang kelompok

Di saat sebuah tiang merupakan bagian dalam grup tiang, daya dukungnya mengalami modifikasi, karena pengaruh dari grup tiang tersebut. Untuk kasus daya dukung pondasi, kita harus memperhitungkan sebuah faktor koreksi, yang menjadi efisiensi dari grup tiang pancang tersebut. (*Wahyudi, Herman. 1999*)

$$Q_{L(\text{grup})} = Q_{L(1 \text{ tiang})} \times n \times C_e$$

Dimana :

$Q_L$  = daya dukung tiang pancang

$n$  = jumlah tiang dalam grup

$C_e$  = efisiensi grup tiang pancang

Untuk menghitung nilai efisiensi tiang pancang kelompok dihitung berdasarkan perumusan Converse Labarre :

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(D/S)}{90^\circ} \left( 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

Dimana :

$D$  = diameter tiang pancang

$S$  = jarak antar tiang pancang

$m$  = jumlah tiang pancang dalam 1 baris

n = jumlah baris tiang pancang

### 3.9.2 Perencanaan Poer

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur

#### 3.9.2.1 Kontrol Geser Pons

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan control kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2002 Pasal 13.12.2.1. Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.

$$\phi V_c = \phi \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \left( \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \cdot b_o \cdot d$$

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{3} f'_c \cdot b_o \cdot d$$

Dimana :

$\beta_c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton dari daerah beban terpusat

$b_o$  = keliling dari penampang kritis pada poer

$b_o = 2 (b_k + d) + 2 (h_k + d)$

dengan :  $b_k$  = lebar penampang kolom

$h_k$  = tinggi penampang kolom



$d$  = tebal efektif poer

### 3.9.2.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu

### 3.10 Kontrol desain

Melakukan analisa struktur bangunan, dimana harus memenuhi syarat keamanan dan rasional sesuai batas – batas tertentu menurut peraturan. Dilakukan pengambilan kesimpulan, apakah desain telah sesuai dengan syarat – syarat perencanaan dan peraturan angka keamanan, serta efisiensi. Bila telah memenuhi persyaratan, maka dapat diteruskan ke tahap pendetailan dan apabila tidak memenuhi persyaratan, maka dilakukan pendesainan ulang

### 3.11 Penggambaran Hasil Perhitungan

Penggambaran hasil Perencanaan dan perhitungan dalam gambar teknik ini dengan menggunakan program bantu AutoCad.

## BAB IV

### PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

#### 4.1 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada Rumah Susun Sumur Welut ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja.

##### 4.1.1 Data-data Perencanaan Tangga

Tinggi antar lantai : 360 cm

Tinggi bordes : 180 cm

Tinggi injakan (t) : 18 cm

Lebar injakan (i) : 25 cm

Jumlah tanjakan ( $\sum_t$ ) :  $\frac{180}{18} = 10 \text{ buah}$

Jumlah injakan ( $\sum_i$ ) :  $\sum_t - 1 = 10 - 1 = 9 \text{ buah}$

Lebar bordes : 130 cm

Panjang bordes : 600 cm

Lebar tangga : 160 cm

Sudut kemiringan ( $\alpha$ ) :  $\text{arc tg } \frac{18}{25} = 35.75^\circ$

##### 1. Syarat jumlah injakan tangga

$$60 \leq (2t+i) \leq 65$$

Dimana: t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan tangga

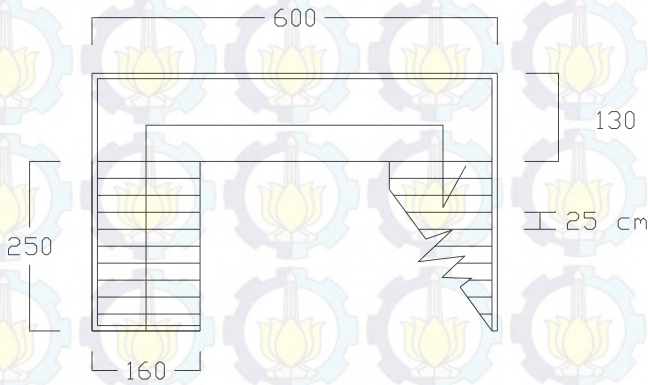
$$60 \leq (2t+i) \leq 65$$

$$60 \leq (2 \times 18 + 25) \leq 65$$

$$60 \leq 61 \leq 65 \text{ (OK)}$$

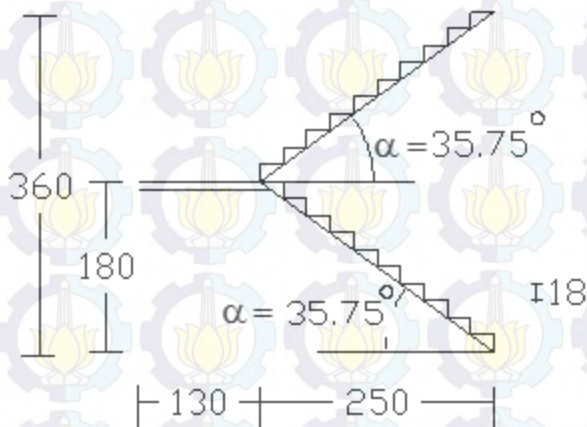
##### 2. Syarat sudut kemiringan

$$25^{\circ} \leq \alpha \leq 40^{\circ}$$



$$25^{\circ} \leq 35.75^{\circ} \leq 40^{\circ} \text{ (OK)}$$

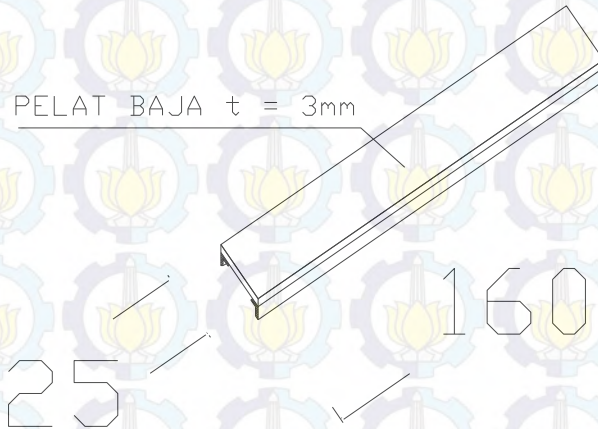
**Gambar 4.1** Tampak atas tangga



**Gambar 4.2** Tampak samping tangga



### 4.1.2 Perencanaan Pelat Anak Tangga



**Gambar 4.3** Pelat anak tangga

Tebal Pelat Tangga = 3 mm

Menggunakan mutu baja BJ 41, didapat dari peraturan SNI 03-1729-2002 tabel 5.3 dengan data sebagai berikut:

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Berat Jenis Baja =  $7850 \text{ kg/m}^3$  (Sumber: PPPURG 1987 Tabel 1)

#### 4.1.2.1 Perencanaan Pembebanan Pelat Tangga

##### a. Beban Mati

Beban mati yang diterima oleh plat injakan didapatkan dari berat sendiri dari plat injakan dan berat penyambung.

Beban Plat 3 mm =

$$0.003 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \times 1.60 \text{ m} = 37.68 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Tambahan} &= (\pm 10\%) = 3.76 \text{ kg/m} + \\ \text{Total } q_D &= 41.44 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

Beban hidup yang diterima oleh plat injakan diperoleh dari pemakai tangga yang berada di atas plat injakan dengan asumsi sebagai berikut :

Beban Hidup Lantai Tangga:  $300 \text{ kg/m}^2$  (Sumber: PPPURG 1987; Tabel 2)

$$q_L = 1.6 \text{ m} \times 300 \text{ kg/m}^2 = 480 \text{ kg/m}$$

#### 4.1.2.2 Perhitungan $M_d$ dan $M_l$

$$M_d = \frac{1}{8} q_D l^2 = \frac{1}{8} \times 41.44 \text{ kg/m} \times 0.25^2 = 0.32 \text{ kgm}$$

$$M_l = \frac{1}{8} q_L l^2 = \frac{1}{8} \times 480 \text{ kg/m} \times 0.25^2 = 3.75 \text{ kgm}$$

$$M_l = \frac{1}{4} P_L l = \frac{1}{4} \times 100 \text{ kg} \times 0.25 = 6.25 \text{ kg (menentukan)}$$

#### 4.1.2.3 Perhitungan Kombinasi Pembebanan $M_u$

$$M_u = 1.4 \times M_d$$

$$= 1.4 \times 0.32 = 0.453 \text{ kgm}$$

$$M_u = 1.2 \times M_d + 1.6 \times M_l$$

$$= 1.2 \times 0.32 + 1.6 \times 6.25 = 10.39 \text{ kgm (menentukan)}$$

#### 4.1.2.4 Kontrol Momen Lentur

$$Z_x = \frac{1}{4} b h^2 = \frac{1}{4} \times 160 \times 0.09 = 3.6 \text{ cm}^3$$

$$\phi.M_n = \phi \times Z_x \times f_y = 0.9 \times 3.6 \times 2500$$

$$= 81 \text{ kg.m}$$

Syarat :  $\phi.Mn > Mu$   
 $81 \text{ kg.m} > 10.39 \text{ kgm (OK)}$

#### 4.1.2.5 Kontrol Lendutan

Lendutan ijin  $\rightarrow f = \frac{L}{240}$  (Sumber: SNI 03-1729-2002  
Tabel 6.4 -1)

$$= \frac{25}{240} = 0.104 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \times 160 \times 0.3^3 = 0.36 \text{ cm}^3$$

$$f^b = \frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + qL)L^4}{E.I_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(0.4144 + 4.80).25^4}{2 \times 10^6 \times 0.36}$$

$$= 0.036 \text{ cm}$$

$$f^b \leq f$$

$$0.036 \text{ cm} \leq 0.104 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.1.3 Perencanaan Pengaku Anak Tangga

Direncanakan: profil siku 55 x 55 x 10, dengan data yang didapat berdasarkan Tabel Profil Konstruksi Baja Ir. Rudy Gunawan (dengan petunjuk Ir. Morisco) sebagai berikut:

$$b = 55 \text{ mm}$$

$$i_x = 1.62 \text{ cm}$$

$$r = 8 \text{ mm}$$

$$t_w = 10 \text{ mm}$$

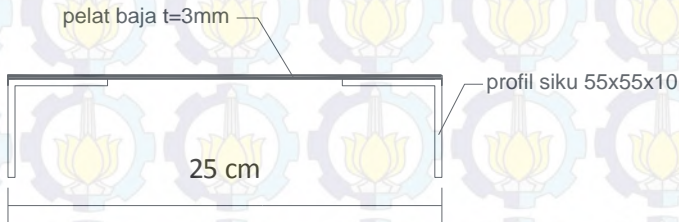
$$i_y = 1.62 \text{ cm}$$

$$I_x = 26.3 \text{ cm}^4$$

$$W = 4.95 \text{ kg/m}$$

$$I_y = 26.3 \text{ cm}^4$$

$$A = 7.9 \text{ cm}^2$$



**Gambar 4.4** Tampak melintang anak tangga

#### 4.1.3.1 Perencanaan Pembebanan Pelat Tangga

- a. Beban Mati ( $\frac{1}{2}$  lebar injakan)

Beban Plat 3 mm

$$= 0.003 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \times 0.125 \text{ m} = 2.9437 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat profil baja siku } 55 \times 55 \times 10 &= 4.95 \text{ kg/m} + \\ &= 7.893 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Alat penyambung} &= (\pm 10\%) = 0.7893 \text{ kg/m} + \\ \text{Total } q_D &= 8.683 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- b. Beban Hidup ( $\frac{1}{2}$  lebar injakan)

Pada pelat anak tangga terdiri atas dua jenis beban hidup, yaitu beban hidup terpusat dan beban hidup terbagi rata. Dari dua jenis beban tersebut dipilih salah satu jenis beban hidup yang terbesar.

Beban Hidup Lantai Tangga:  $300 \text{ kg/m}^2$  (Sumber: PPPURG 19487; Tabel 2)



$$q_L = \frac{1}{2} \times 0.25 \text{ m} \times 300 \text{ kg/m}^2 = 37.5 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 100 \text{ kg}$$

#### 4.1.3.2 Perhitungan Md dan MI

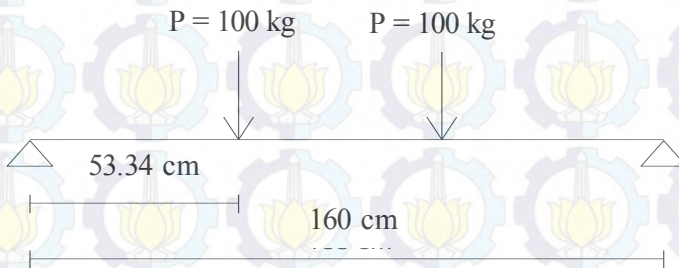
##### a. Beban Mati

$$V_D = \frac{1}{2} \times q_D \times L = \frac{1}{2} \times 8.683 \times 1.6 = 6.946 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times L^2 = \frac{1}{8} \times 8.683 \text{ kg/m} \times 1.6^2 = 2.78 \text{ kgm}$$

##### b. Beban Hidup

##### 1. Beban hidup terpusat



**Gambar 4.5** Sketsa pembebanan pelat anak tangga

$$V_{L(\text{terpusat})} = \frac{1}{2} \times P_L \times 2 = \frac{1}{2} \times 100 \times 2 = 100 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M_{L(\text{terpusat})} &= \frac{1}{3} \times P \times L \\ &= \frac{1}{3} \times 100 \times 1.6 \\ &= 53.34 \text{ kgm} \end{aligned}$$

##### 2. Beban hidup terbagi rata

$$V_{L(\text{terbagi rata})} = \frac{1}{2} x q_L x L = \frac{1}{2} x 37.5 x 1.6 = 30 \text{ kg}$$

$$M_{L(\text{terbagi rata})} = \frac{1}{8} x q_L x L^2 = \frac{1}{8} x 37.5 \text{ kg/m} x 1.6^2$$

$$= 12 \text{ kgm}$$

#### 4.1.3.3 Kombinasi Pembebanan

$$q_U = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$= (1,2 \times 8.68) + (1,6 \times 37.5)$$

$$= 70.41 \text{ kg/m}$$

$$V_U = 1,2 V_D + 1,6 V_L$$

$$= (1,2 \times 6.946) + (1,6 \times 100)$$

$$= 168.33 \text{ kg}$$

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= (1,2 \times 2.78) + (1,6 \times 53.34)$$

$$= 88.667 \text{ kgm}$$

#### 4.1.3.4 Kontrol Penampang Profil

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{55}{10} = 5.5$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p$$

(penampang  
kompak)

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$Z_x = \frac{1}{2} x dx (t_w x d) + \frac{1}{2} x t_w x (t_w (b - t_w))$$

$$Z_x = \frac{1}{2} x 5.5 x (1 x 5.5) + \frac{1}{2} x 1 x (1 (5.5 - 1)) = 17.375 \text{ cm}^3$$

$$M_p = f_y \times Z_x = 2500 \times 17.375 = 43437.5 \text{ kgcm}$$

$$\phi.Mn = 0.9 \times 43437.5 = 39093.7 \text{ kg.cm}$$

$$Mu = 8866.7 \text{ kgcm}$$

Syarat :

$$\phi.Mn > Mu$$

$$39093.7 \text{ kg.cm} > 8866.7 \text{ kg.cm} \text{ (OK)}$$

#### 4.1.3.5 Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t} = \frac{55}{10} = 5.5$$

$$\frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69.57$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t} = 5.5 \\ \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = 69.57 \end{array} \right\} \frac{h}{t} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \text{ (plastis)}$$

$$Vn = 0.6 \times f_y \times A_w$$

$$= 0.6 \times 2500 \times (5.5 \times 1) = 8250 \text{ kg}$$

$$\phi.Vn = 0.9 \times 8250 = 7425 \text{ kg}$$

$$Vu = 172.44 \text{ kg}$$

Syarat :

$$\phi.Vn > Vu$$

$$7425 \text{ kg} > 168.33 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

#### 4.1.3.6 Kontrol Lendutan

Lendutan ijin  $\rightarrow f_{ijin} = \frac{L}{240}$  (Sumber: SNI 03-1729-2002  
Tabel 6.4 -1)

$$= \frac{160}{240} = 0.67 \text{ cm}$$

$$f^b = \left[ \frac{5}{384} \frac{(qu)L^4}{EI} \right] + \left[ \frac{3}{24} \frac{(P)L^3}{EI} \left( \frac{a}{L} - \frac{a^3}{L^3} \right) \right]$$

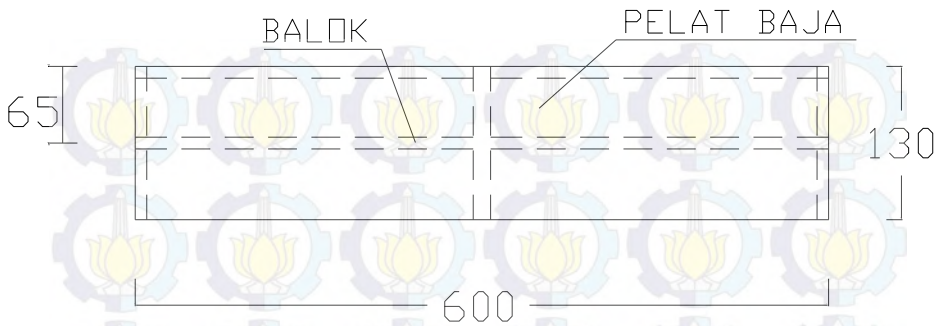
$$= \left[ \frac{5}{384} \frac{(0.704) \cdot 160^4}{2 \times 10^6 \times 26.3} \right] + \left[ \frac{3}{24} \frac{(100)160^3}{2 \times 10^6 \times 26.3} \left( \frac{55}{160} - \frac{55^3}{160^3} \right) \right]$$

$$= 0.4093$$

Syarat:  $f^b \leq f_{ijin}$

$$0.4093 \text{ cm} \leq 0.67 \text{ cm (OK)}$$





**Gambar 4.6** Pelat bordes

#### 4.1.4 Perencanaan Pelat Bordes

Tebal pelat bordes = 10 mm  
 Berat jenis baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>  
 Mutu baja BJ 41 →  $f_y$  = 2500 kg/m<sup>2</sup>

##### 4.1.4.1 Pembebanan

###### a. Beban mati

Berat pelat = 0,01 x 2.95 x 7850 = 231.57 kg/m  
 Alat penyambung (10%) = 23.15 kg/m +  
 $q_D = 254.73 \text{ kg/m}$

###### b. Beban hidup

Beban Hidup Lantai Tangga: 300 kg/m<sup>2</sup> (Sumber: PPPURG 1987; Tabel 2)

$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 2.95 \text{ m} = 885 \text{ kg.m}$

##### 4.1.4.2 Perhitungan $M_D$ dan $M_L$

$$M_D = \frac{1}{8} \times q_D \times l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 254.73 \times (0.75)^2 = 17.91 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned}
 M_L &= \frac{1}{8} \times q_L \times l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 885 \times (0,75)^2 = 62.22 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.4.3 Kombinasi pembebanan $M_U$

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\
 &= 1,2 \times 17.91 + 1,6 \times 62.22 = 121.05 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.4.4 Kontrol momen lentur

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \frac{1}{4} b h^2 = \frac{1}{4} \times 300 \times 1^2 = 75 \text{ cm}^3 \\
 \phi.M_n &= \phi \times Z_x \times f_y = 0.9 \times 75 \times 2500 \\
 &= 1687.5 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \phi.M_n > M_u$$

$$1687.5 \text{ kg.m} > 121.05 \text{ kg.m (OK)}$$

#### 4.1.4.5 Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} \rightarrow f = \frac{L}{240} \text{ (Sumber: SNI 03-1729-2002)}$$

Tabel 6.4 -1)

$$= \frac{75}{240} = 0.3125 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 300 \times 1^3 = 25 \text{ cm}^3$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + qL)L^4}{E.I_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(2.54 + 8.85).75^4}{2 \times 10^6 \times 25} = 0.093 \text{ cm}$$

$$f^0 \geq f$$

$$0.3125 \text{ cm} \geq 0.093 \text{ cm (OK)}$$

### 4.1.5 Perencanaan Balok Bordes

Direncanakan memakai profil WF 100 x 50 x 5 x 7

$$\begin{array}{lll} d = 100 \text{ mm} & t_f = 7 \text{ mm} & r = 8 \text{ mm} \\ b = 50 \text{ mm} & Z_x = 42 \text{ cm}^3 & I_x = 187 \text{ cm}^4 \\ t_w = 5 \text{ mm} & W = 9,3 \text{ kg/m} & \end{array}$$

#### 4.1.5.1 Pembebanan

##### a. Beban mati

$$\begin{array}{rcl} \text{Berat pelat} & = 0,01 \times 0,5 \times 7850 & = 39.25 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil} & & = 9.3 \text{ kg/m} + \\ & & \hline & & = 48.55 \text{ kg/m} \\ \text{Alat penyambung dll(10\%)} & & = 4.85 \text{ kg/m} + \\ & & \hline q_D & = 53.4 \text{ kg/m} \end{array}$$

$$V_D = \frac{1}{2} \cdot q_D \cdot L = \frac{1}{2} \times 53.4 \times 3 = 80.1 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \cdot q_D \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 53.4 \times (1.5)^2 = 60.075 \text{ kg.m}$$

##### b. Beban hidup

Beban Hidup Lantai Tangga: 300 kg/m<sup>2</sup> (Sumber: PPPURG 1987; Tabel 2)

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2 \times 0.5 \text{ m} = 150 \text{ kg.m}$$

$$V_L = \frac{1}{2} \cdot q_L \cdot L = \frac{1}{2} \times 150 \times 1.7 = 225 \text{ kg}$$

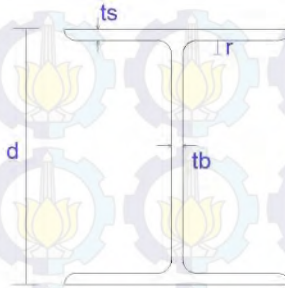
$$M_L = \frac{1}{8} \cdot q_L \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 150 \times (1.7)^2 = 168.75 \text{ kg.m}$$

#### 4.1.5.2 Kombinasi pembebanan

$$\begin{array}{rcl} V_U & = 1.2V_D + 1.6V_L \\ & = 1.2(80.1) + 1.6(225) = 456.12 \text{ kg} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} M_U & = 1.2 M_D + 1.6 M_L \\ & = 1.2(60.075) + 1.6(168.75) = 342.09 \text{ kg.m} \end{array}$$

### 4.1.5.3 Kontrol Penampang



**Gambar 4.7** Penampang Profil

- Untuk sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3.571$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10.752$$

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_p$$

- Untuk badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106.253$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 03-1729-2002 Tabel 7.5-1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 42 \\ &= 105000 \text{ kg.cm} \\ &= 1050 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



$$\phi.Mn = 0.9 \times 1050 = 94500 \text{ kg.cm} = 945 \text{ kg.m}$$

Syarat :  $\phi.Mn > Mu$   
 $945 \text{ kg.m} > 342.09 \text{ kgm} \text{ (OK)}$

#### 4.1.5.4 Kontrol Kuat Geser

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{70}{5} = 14 \\ \frac{1100}{\sqrt{f_y}} &= \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69.57 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \text{ (plastis)}$$

$$\begin{aligned} Vn &= 0.6 \times f_y \times A_w \\ &= 0.6 \times 2500 \times (10 \times 0.5) = 7500 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi.Vn = 0.9 \times 7500 = 6750 \text{ kg}$$

$$Vu = 456.12 \text{ kg}$$

Syarat :  $\phi.Vn > Vu$   
 $6750 \text{ kg} > 456.12 \text{ kg} \text{ (OK)}$

#### 4.1.5.5 Kontrol Lendutan

Lendutan ijin  $\rightarrow f_{ijin} = \frac{L}{240}$  (Sumber: SNI 03-1729-2002  
 Tabel 6.4 -1)

$$= \frac{300}{240} = 1.25 \text{ cm}$$

$$f^b = \frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + qL)L^4}{E.Ix} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(0.534 + 1.5) \cdot 300^4}{2 \times 10^6 \times 187} = 0.57 \text{ cm}$$

Syarat:  $f^b \leq f_{ijin}$

$$0.57 \text{ cm} \leq 1.25 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.1.6 Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8 dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll} A = 32,68 \text{ cm}^2 & I_x = 3540 \text{ cm}^4 & S_x = 285 \text{ cm}^3 \\ W = 25,7 \text{ kg/m} & I_y = 255 \text{ cm}^4 & S_y = 41,1 \text{ cm}^3 \\ bf = 124 \text{ mm} & i_x = 10,4 \text{ cm} & Z_x = 305 \text{ cm}^3 \\ d = 248 \text{ mm} & i_y = 2,79 \text{ cm} & Z_y = 63 \text{ cm}^3 \\ tf = 8 \text{ mm} & r = 12 \text{ cm} & \\ tw = 5 \text{ mm} & & \\ h = 208 \text{ mm} & & \end{array}$$

##### 4.1.6.1 Pembebanan Anak Tangga

a. Beban Mati (anak tangga)

$$\text{Berat pelat} = 0.003 \times 0.8 \times 7850 = 18.84 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil siku} = 4.95 \times 2 = 9.9 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil balok} = \frac{25.7}{\cos 35.75^\circ} = 31.67 \text{ kg/m} +$$

$$= 60.41 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat alat penyambung 10\%} = 6.04 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D1} = 66.45 \text{ kg/m}$$

b. Beban Hidup

$$q_{L1} = 300 \times 0.8 = 240 \text{ kg/m}$$

c. Kombinasi Pembebanan

$$q_{U1} = 1.2 q_D + 1.6 q_L$$

$$= 1.2 \times 66.45 + 1.6 \times 240$$

$$= 463.74 \text{ kg/m}$$

##### 4.1.6.2 Pembebanan Bordes

a. Beban mati

$$\text{Berat profil} = 25.7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat bordes } 0.01 \times 0.8 \times 7850 = 62.8 \text{ kg/m} +$$

Berat penyambung 10%

$$\begin{aligned}
 &= 88.5 \text{ kg/m} \\
 &= 8.85 \text{ kg/m} + \\
 q_{D2} &= 97.35 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

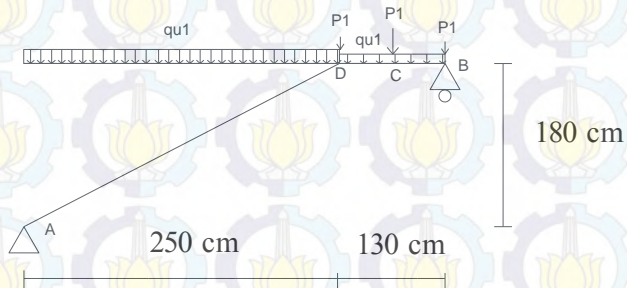
$$q_{L2} = 300 \times 0,8 = 240 \text{ kg/m}$$

c. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned}
 q_{U2} &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\
 &= 1.2 \times 97.35 + 1.6 \times 240 = 500.82 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban terpusat akibat balok bordes

$$p_1 = 9.3 \times 0.825 = 7.67 \text{ kg}$$



**Gambar 4.8** Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga

#### 4.1.6.3 Perhitungan Gaya-gaya Dalam

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_b \times 3.80 - p_1 \times 2.50 - p_1 \times 3.15 - p_1 \times 3.80 - q_{u1} \times 2.50 \times 1.25 - q_{u2} \times 1.3 \times 3.15 = 0$$

$$R_b = \frac{7.67 \times 2.50 + 7.67 \times 3.15 + 7.67 \times 3.80 + 463.74 \times 2.50 \times 1.25 + 500.82 \times 1.3 \times 3.15}{3.80} = 940.1 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_a \times 3.80 - p_1 \times 1.3 - p_1 \times 0.65 - q_{u1} \times 2.50 \times 2.55 - q_{u2} \times 1.3 \times 0.65 = 0$$

$$R_a = \frac{7.67 \times 1.3 + 7.67 \times 0.65 + 463.74 \times 2.50 \times 2.55 + 500.82 \times 1.3 \times 0.65}{3.80} = 893.2873 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\sum V &= R_a + R_b - q_{u1} \times 2.25 - q_{u2} \times 1.7 - P \times 3 \\ &= 940.138 + 893.2873 - 463.74 \times 2.50 - 500.82 \times 1.3 - 7.67 \times 3 \\ &= 0 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Bidang M

- a – c :

$$\begin{aligned}M_x &= R_a \cdot x - \frac{1}{2} q_{u1} \cdot x^2 \\ &= 893.2873 \cdot x - \frac{1}{2} 463.74 \cdot x^2 \\ x &= 0 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_a &= 0 \text{ kg.m} \\ x &= 2.50 \text{ m}\end{aligned}$$

$$M_c = 893.28 \cdot 2.50 - \frac{1}{2} \cdot 463.74 \cdot (2.50)^2 = 784.03 \text{ kg.m}$$

Momen maksimum terjadi apabila  $\frac{dM_x}{dx} = 0$

$$\frac{dM_x}{dx} = 893.28 - 463.74 \cdot x = 0$$

$$x = 1.9263 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}M_{\max} &= 893.28 \times 1.9263 - \frac{1}{2} \times 463.74 \times (1.926)^2 \\ &= 860.355 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

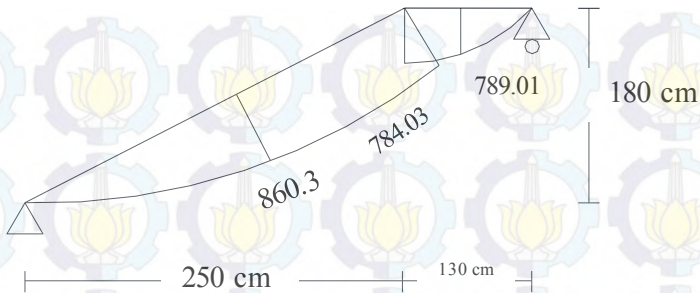
- b – d :

$$\begin{aligned}M_x &= R_b \cdot x - \frac{1}{2} q_{u2} \cdot x^2 - P \cdot x \\ &= 940.134 x - \frac{1}{2} 500.82 x^2 - 7.67 \cdot x \\ x &= 0 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_b &= 0 \text{ kg.m} \\ x &= 1.3 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_d &= 955.08 \cdot 1.3 - \frac{1}{2} 500.82 \cdot (1.3)^2 - 7.67 \cdot 1.3 \\ &= 789.016 \text{ kg.m}\end{aligned}$$





**Gambar 4.9 Bidang M Balok Tangga**

Bidang D

- a - c :

$$\begin{aligned} D_x &= R_a \cdot \cos(35.75^\circ) - q_{u1} \cdot x \cdot \cos(35.75^\circ) \\ &= 893.287 \cdot \cos(35.75^\circ) - 463.74 \cdot x \cdot \cos(35.75^\circ) \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{a_{ka}} &= 893.287 \cdot \cos(35.75^\circ) - 463.74 \cdot 0 \cdot \cos(35.75^\circ) \\ &= 724.96 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 2.50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{c_{ki}} &= 893.287 \cdot \cos(35.75^\circ) - 463.74 \cdot 2.50 \cdot \cos(35.75^\circ) \\ &= -215.92 \text{ kg} \end{aligned}$$

- b - d :

$$\begin{aligned} D_x &= -R_b + q_{u2} \cdot x + p_1 \\ &= -940.13 + 500.82 \cdot x + 7.67 \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{b_{ki}} &= -940.13 + 500.82 \cdot 0 + 7.67 \\ &= -932.46 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 0.65 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{d_{ka}} &= -940.13 + 500.82 \cdot 0.65 + 7.67 \\ &= -606.93 \text{ kg} \end{aligned}$$

- d - c :

$$\begin{aligned} D_x &= -R_b + q_{u2} \cdot (x + 0.65) + p_1 + p_2 \\ &= -940.13 + 500.82(x + 0.65) + 7.67 + 7.67 \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

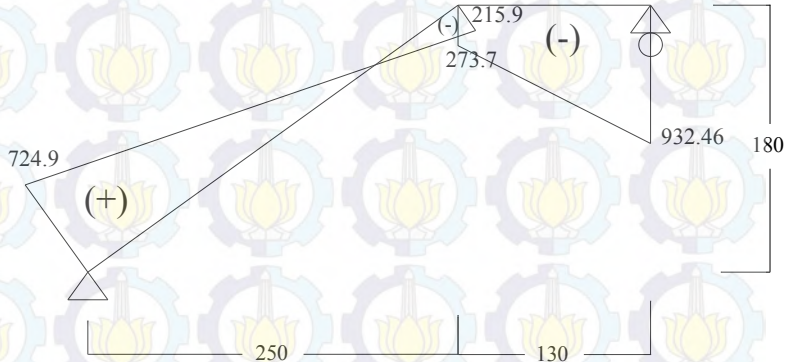
$$Dd_{ki} = -940.13 + 500.82(0+0.65) + 7.67 + 7.67$$

$$= -599.26 \text{ kg}$$

$$x = 0.65 \text{ m}$$

$$Dc_{ka} = -940.13 + 500.82(0.65+0.65) + 7.67 + 7.67$$

$$= -273.73 \text{ kg}$$



**Gambar 4.10** Bidang D Balok Tangga

#### Bidang N

- a - c :

$$N_x = -R_a \cdot \sin(35.75^\circ) + q_{u1} \cdot x \cdot \sin(35.75^\circ)$$

$$= -893.287 \cdot \sin(35.75^\circ) + 463.74 \cdot x \cdot \sin(35.75^\circ)$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$N_{a_{ka}} = -893.287 \cdot \sin(35.75^\circ) + 463.74 \cdot 0 \cdot \sin(35.75^\circ)$$

$$= -521.90 \text{ kg}$$

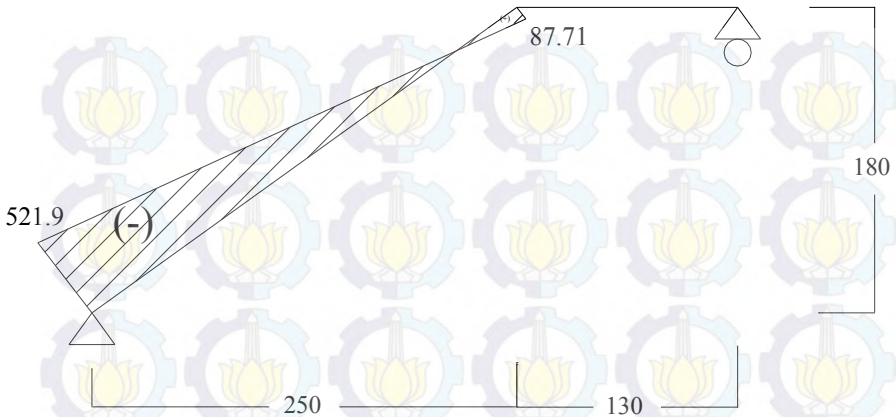
$$x = 2.25 \text{ m}$$

$$N_{c_{ki}} = -893.287 \cdot \sin(35.75^\circ) + 463.74 \cdot 2.25 \cdot \sin(35.75^\circ)$$

$$= 87.712 \text{ kg}$$

- c - b :

$$N = 0 \text{ kg}$$



**Gambar 4.11** Bidang N Balok Tangga

#### 4.1.6.4 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

a. Untuk sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7.75$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10.752$$

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{5} = 41.6$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106.253$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 03-1729-2002 Tabel 7.5-1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 305 \\ &= 762500 \text{ kg.cm} \\ &= 7625 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot M_n = 0.9 \times 7625 = 6862.5 \text{ kg.m}$$

Syarat :  $\phi \cdot M_n > M_u$

$$6862.5 \text{ kg.m} > 860.355 \text{ kgm (OK)}$$

#### 4.1.6.5 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$L_b = \sqrt{18^2 + 25^2} = 30.80 \text{ cm (pengaku anak tangga)}$$

$$L_p = 110.01 \text{ cm (Tabel } L_p)$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{bentang pendek, maka } M_n = M_p$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p = f_y \cdot Z_x$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 305 \\ &= 762500 \text{ kg.cm} \\ &= 7625 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot M_n = 0.9 \times 7625 = 6862.5 \text{ kg.m}$$

Syarat :  $\phi \cdot M_n > M_u$

$$6862.5 \text{ kg.m} > 860.355 \text{ kgm (OK)}$$

#### 4.1.6.6 Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} \rightarrow f_{ijin} = \frac{L}{240} \text{ (Sumber: SNI 03-1729-2002}$$

Tabel 6.4 -1)

$$= \frac{\sqrt{250^2 + 180^2}}{240} = \frac{308.058}{240}$$

$$= 1.28 \text{ cm}$$



$$f^b = \frac{5}{384} \cdot \frac{(qD + qL)L^4}{EI_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(0.9735 + 4.637) \cdot 308.058^4}{2 \times 10^6 \times 3540}$$

$$= 0.047 \text{ cm}$$

Syarat:  $f^b \leq f_{ijin}$

$$0.093 \text{ cm} \leq 1.25 \text{ cm (OK)}$$

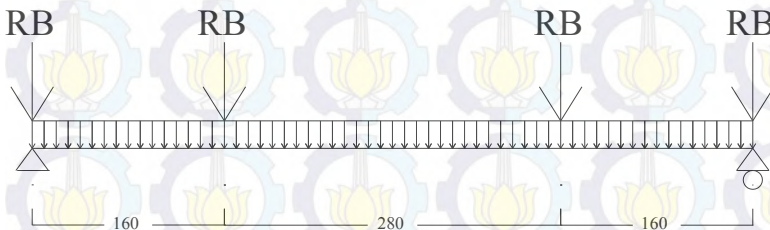
#### 4.1.7 Perencanaan Balok Penumpu Tangga

Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250x175x7x11

A = 56,24 cm <sup>2</sup>	I <sub>x</sub> = 6120 cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> = 502 cm <sup>3</sup>
W = 44,1 kg/m	I <sub>y</sub> = 984 cm <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> = 113 cm <sup>3</sup>
bf = 175 mm	i <sub>x</sub> = 10,4 cm	Z <sub>x</sub> = 535 cm <sup>3</sup>
d = 244 mm	i <sub>y</sub> = 4,18 cm	Z <sub>y</sub> = 171 cm <sup>3</sup>
tf = 11 mm	r = 12 cm	
tw = 7 mm		
h = 210 mm		

##### 4.1.7.1 Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (R<sub>b</sub>) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil.



**Gambar 4.12** Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_b = 940.13 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

$$\text{Beban profil} = 44.1 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban dinding } 2 \times 250 &= 500 \text{ kg/m} + \\ &= 544.1 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban sambungan } 10\% &= 54.4 \text{ kg/m} + \\ &= 598.5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 4.1.7.2 Reaksi Perletakan

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_{vb} \times 6.0 - R_b \times 1.6 - R_b \times 4.4 - \frac{1}{2} \times q \times 6^2 - R_b \times 6 = 0$$

$$R_{vb} = \frac{940.13 \times 1.60 + 940.13 \times 4.4 + \frac{1}{2} \times 598.5 \times 6^2 + 940.13 \times 6}{6} = 3675.77 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_{va} \times 3.4 - R_b \times 1.75 - R_a \times 1.65 - \frac{1}{2} \times q \times 3.4^2 = 0$$

$$R_{va} = \frac{940.13 \times 4.4 + 940.13 \times 1.6 + \frac{1}{2} \times 598.5 \times 6^2 + 940.13 \times 6}{6.0} = 3675.77 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \Sigma V &= R_{va} + R_{vb} - 4 \times R_b - q \times 6.0 \\ &= 3675.77 + 3675.77 - 4 \times 940.13 - 598.5 \times 6 \\ &= 0 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

#### 4.1.7.3 Momen Maksimum

$$\begin{aligned} M_{\max} &= R_{va} \times 3 - R_b \times 3 - R_b \times 1.4 - \frac{1}{2} \times q \times 3^2 \\ &= 3675.77 \times 3 - 940.13 \times 3 - 940.13 \times 1.4 \\ &\quad - \frac{1}{2} \times 598.5 \times 3^2 \\ &= 4193.47 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### 4.1.7.4 Gaya Geser

$$V_U = R_{vb} = 3675.77 \text{ kg}$$

#### 4.1.7.5 Kontrol Lenduran

Lendutan ijin  $\rightarrow f_{ijin} = \frac{L}{240}$  (Sumber: SNI 03-1729-2002 Tabel 6.4 -1)

$$= \frac{600}{240} = 2.5 \text{ cm}$$

$$f^b = \left[ \frac{5}{384} \frac{(q)L^4}{E.I_x} \right] = \frac{5}{384} \cdot \frac{(5.98) \times 600^4}{2 \times 10^6 \times 6120} = 0.003 \text{ cm}$$

Syarat:  $f^b \leq f_{ijin}$

$$0.8132 \text{ cm} \leq 2.5 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.1.7.6 Kontrol Penampang Profil

a. Untuk sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{175}{2 \times 11} = 7.96$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10.752$$

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{210}{7} = 30$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106.253$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 03-1729-2002 Tabel 7.5-1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 535 \\
 &= 1337500 \text{ kgcm} \\
 &= 13375 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi.M_n &= 0.9 \times 13375 = 12037.5 \text{ kg.m} \\
 \text{Syarat : } \quad \phi.M_n &> M_u
 \end{aligned}$$

$$12037.5 \text{ kg.m} > 4193.47 \text{ kgm (OK)}$$

## 4.2 Perencanaan Struktur Lantai

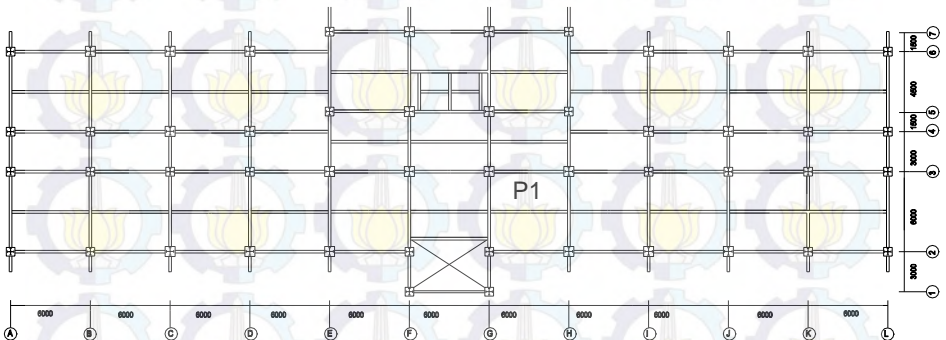
### 4.2.1 Perencanaan Pelat

Pelat direncanakan menggunakan dek baja gelombang (bondex) yang diproduksi oleh PT. Gunung Garuda dengan data-data sebagai berikut:

- Tebal = 0,75 mm
- Berat = 10,1 kg/m<sup>2</sup>

### 4.2.2 Perencanaan pelat lantai atap

Denah pelat lantai atap dapat dilihat pada gambar 4.13



**Gambar 4.13** Denah pelat atap

Untuk perencanaan pelat lantai atap, dihitung pelat lantai atap yang memiliki kondisi paling kritis, yakni pelat lantai atap P1.

a. Perhitungan beban berguna (*superimposed load*)

- Beban hidup



Lantai atap =  $100 \text{ kg/m}^2$

- **Beban finishing**

- Aspal (1cm) =  $14 \text{ kg/m}^2$
- Penggantung plafond =  $7 \text{ kg/m}^2$
- Adukan semen (1 cm) =  $21 \text{ kg/m}^2$
- Plafond =  $11 \text{ kg/m}^2$
- Perpipaan =  $25 \text{ kg/m}^2$  +

Total =  $78 \text{ kg/m}^2$

- **Beban berguna** = beban hidup + beban finishing  
 $= 100 + 78$   
 $= 178 \text{ kg/m}^2$

b. Perhitungan tulangan negatif

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif, dengan:

- **Beban berguna** =  $178 \text{ kg/m}^2$
- **Bentang** =  $3 \text{ m}$  (dengan satu baris penyangga)

Maka diperoleh:

- **Tebal pelat** =  $9 \text{ cm}$
- **Tul. negatif** =  $2,51 \text{ cm}^2/\text{m}$

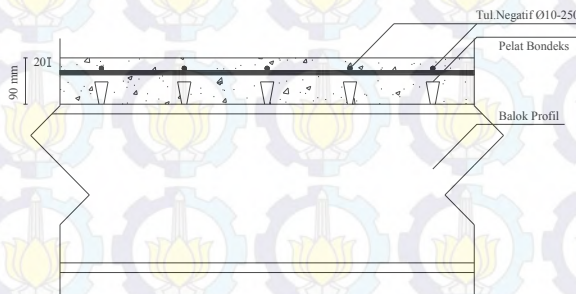
Direncanakan pakai tulangan  $\varnothing 10 \text{ mm}$  ( $A_s = 0,785 \text{ cm}^2$ )

Jumlah tulangan per  $1 \text{ m} = 2,51/0,785 = 3,197 \approx 4 \text{ buah}$

Jarak antar tulangan:  $S = 1000/4 = 250 \text{ mm}$

Jadi, dipasang tulangan negatif  $\varnothing 10\text{-}250$

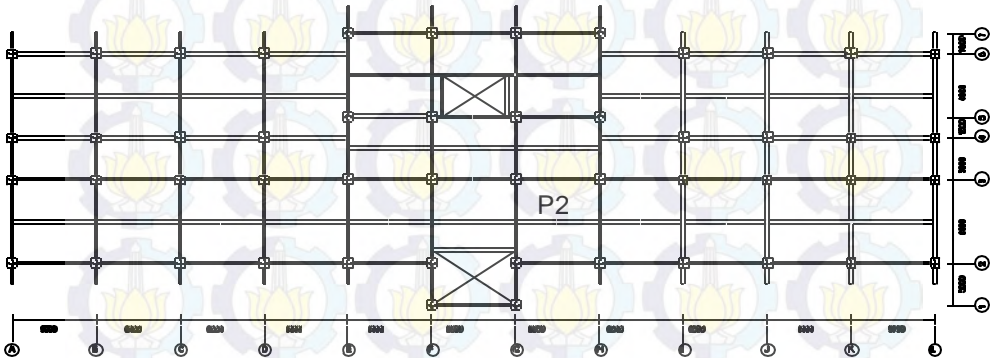
Jadi, dipasang tulangan negatif  $\varnothing 10\text{-}250$



**Gambar 4.14** Potongan pelat lantai atap

#### 4.2.3 Perencanaan pelat lantai 1-15

Denah pelat lantai 1-15 dapat dilihat pada gambar 4.15.



**Gambar 4.15** Denah pelat lantai 1-15

Untuk perencanaan pelat lantai 1-15, dihitung pelat lantai yang memiliki kondisi paling kritis, yakni pelat lantai P2.

a. Perhitungan beban berguna (*superimposed load*)

- Beban hidup  
Lantai =  $250 \text{ kg/m}^2$
- Beban finishing
  - Keramik (1 cm) =  $24 \text{ kg/m}^2$
  - Adukan semen (1 cm) =  $21 \text{ kg/m}^2$
  - Penggantung plafond =  $7 \text{ kg/m}^2$
  - Plafond =  $11 \text{ kg/m}^2$
  - Perpipaan =  $25 \text{ kg/m}^2$  +

$$\text{Total} = 88 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban berguna} &= \text{beban hidup} + \text{beban finishing} \\ &= 250 + 88 \\ &= 338 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

b. Perhitungan tulangan negatif

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif, dengan:

- Beban berguna =  $338 \text{ kg/m}^2$

- Bentang penyangga) = 3 m (dengan satu baris)

Maka diperoleh :

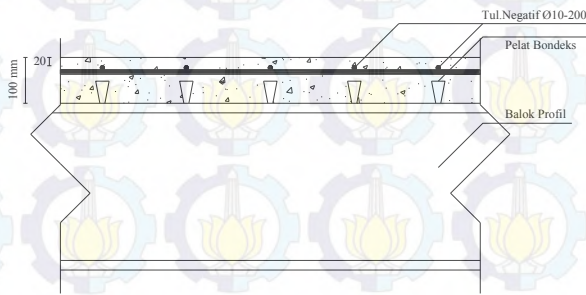
- Tebal plat = 10 cm
- Tul. Negatif = 3,25 cm<sup>2</sup>/m

Direncanakan pakai tulangan Ø10 mm ( $A_s = 0,785 \text{ cm}^2$ )

Jumlah tulangan per 1 m =  $3,25 / 0,785 = 4,14 \approx 5$  buah

Jarak antar tulangan:  $S = 1000/5 = 200 \text{ mm}$

Jadi dipasang tulangan negatif Ø10-200



**Gambar 4.16** Potongan pelat lantai 1-15

#### 4.3 Perencanaan Balok Lift

Perencanaan balok lift meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruangan mesin lift, yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Untuk lift pada bangunan ini menggunakan lift yang diproduksi oleh sigma elevator company, dengan data-data sebagai berikut :

Tipe lift	: Penumpang
Merk	: Sigma
Kapasitas	: 15 orang/1000 kg
Lebar pintu (opening width)	: 900 mm
Dimensi sangkar (car size)	:
Outside	: 1650 x 1665 mm <sup>2</sup>
Inside	: 1600 x 1500 mm <sup>2</sup>

Dimensi ruang luncur : 4300 x 2150 mm<sup>2</sup>

Beban reaksi ruang mesin :

- $R_1 = 6150 \text{ kg}$   
(berat mesin penggerak + beban kereta + perlengkapan)
- $R_2 = 4600 \text{ kg}$   
(berat bandul pemberat + perlengkapan)

#### 4.3.1 Perencanaan Balok Penggantung Lift

##### 1. Beban yang bekerja pada balok penumpu

Beban yang bekerja merupakan beban akibat dari mesin penggerak lift + berat kereta luncur + perlengkapan, dan akibat bandul pemberat + perlengkapan.

##### 2. Koefisien kejut beban hidup oleh keran

Pasal 3.3.(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dengan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut:

$$\psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

dimana :

$\psi$  = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15

$v$  = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angka yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/det.

$k_1$  = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6.

$k_2$  = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan di ambil sebesar 1,3



Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

$$P = \Sigma R \cdot \psi = (6150 + 4600) \cdot (1 + 0,6,1,3,1) = 19135 \text{ kg}$$



**Gambar 4.17 Denah Lift**

#### 4.3.1.1 Data Perencanaan Penumpu Lift

Digunakan profil WF 350 x 250 x 8 x 12

$$A = 88,15 \text{ cm}^2 \quad I_x = 18500 \text{ cm}^4 \quad S_x = 1100 \text{ cm}^3$$

$$W = 69,2 \text{ kg/m} \quad I_y = 3090 \text{ cm}^4 \quad S_y = 248 \text{ cm}^3$$

$$b_f = 249 \text{ mm} \quad i_x = 14,5 \text{ cm} \quad Z_x = 1163 \text{ cm}^3$$

$$d = 336 \text{ mm} \quad i_y = 5,92 \text{ cm} \quad Z_y = 377 \text{ cm}^3$$

$$t_f = 12 \text{ mm} \quad r = 20 \text{ cm}$$

$$t_w = 8 \text{ mm}$$

$$h = 272 \text{ mm}$$

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \quad f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_L = f_y - f_r = 2500 - 700$$

$$\text{Beton : } f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 = 1800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Panjang balok penumpu (L) = 250 cm = 2.5 m}$$

### 4.3.1.2 Pembebanan

#### 1. Beban Mati

$$\text{Berat sendiri profil} = 69.2 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat beton atap lift} \\ = 0.09 \times 2400 \times 2.5 &= 464.4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat combideck} \\ = 10,1 \text{ kg/m}^2 \times 2.5 &= 21.72 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat aspal } t = 2 \text{ cm} \\ = 2 \times 14 \text{ kg/m}^2 \times 2.5 &= 60.2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$= 615.52 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat ikatan (10\%)} &= 61.55 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q_D = 677.07 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban terpusat lift } P_D = 19135 \text{ kg}$$

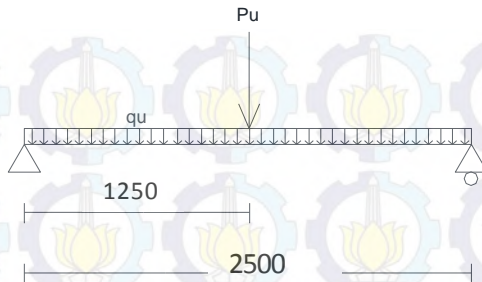
#### 2. Beban Hidup ( $q_L$ )

$$= 100 \text{ kg/m}^2 \times 2.5 \text{ m} = 250 \text{ kg/m}$$

#### 3. Kombinasi beban

$$\begin{aligned} q_U &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\ &= 1.2 \times 677.07 + 1.6 \times 250 \\ &= 1156.48 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_U &= 1.4 P_D \\ &= 1.4 \times 19135 \\ &= 26789 \text{ kg} \end{aligned}$$



**Gambar 4.18** Sketsa perhitungan balok penumpang lift

$$\begin{aligned}
 V_U &= \frac{1}{2} \cdot q_U \cdot L + \frac{1}{2} \cdot P_U \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1156.48 \cdot 2.5 + \frac{1}{2} \cdot 19135 \\
 &= 10810.72 \text{ kg} \\
 M_U &= \frac{1}{8} q_U L^2 + \frac{1}{4} P_U L \\
 &= \frac{1}{8} (11.56)(250)^2 + \frac{1}{4} (19135)(250) \\
 &= 109530.37 \text{ kgcm} \\
 &= 1095.3 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.1.3 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

a. Untuk sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{249}{2 \times 12} = 10.375$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10.752$$

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{272}{8} = 34$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106.253$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 03-1729-2002 Tabel 7.5-1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x \\ &= 1163 \times 2500 \\ &= 2907500 \text{ kgcm} = 29075 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi.M_n = 0.9 \times 29075 = 26167.5 \text{ kg.m}$$

Syarat :

$$\phi.M_n > M_u$$

$$26167.5 \text{ kg.m} > 1095.3 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

#### 4.3.1.4 Kontrol Lateral Buckling

$$L_b = 250 \text{ cm}$$

Dari tabel profil WF didapatkan nilai :

$$L_p = 294,699 \text{ cm}$$

$$L_r = 868,078 \text{ cm}$$

Karena  $L_b < L_p$ , maka termasuk bentang pendek, sehingga :

$$\begin{aligned} M_{px} &= M_p = Z_x \times f_y \\ &= 1163 \times 2500 \\ &= 2907500 \text{ kgcm} = 29075 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi.M_n = 0.9 \times 29075 = 26167.5 \text{ kg.m}$$

Syarat :  $\phi.M_n > M_u$

$$26167.5 \text{ kg.m} > 1095.3 \text{ kgm} \text{ (OK)}$$

Karena Kekuatan nominal penampang profil baja lebih besar daripada momen akibat beban berfaktor, maka penampang mampu menahan beban yang terjadi.



#### 4.3.1.5 Kontrol Kuat Geser

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{2}{6.5} = 39.38 \\ \frac{1100}{\sqrt{f_y}} &= \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69.57 \\ V_n &= 0.6 \times f_y \times A_w \\ &= 0.6 \times 2500 \times (33.8 \times 0.8) = 40320 \text{ kg} \end{aligned} \right\} \frac{h}{t} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} (\text{plastis})$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 40320 = 36288 \text{ kg}$$

$$V_u = 10901.41 \text{ kg}$$

$$\text{Syarat : } \phi V_n > V_u$$

$$36288 \text{ kg} > 10810.72 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.3.1.6 Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} \rightarrow f_{ijin} = \frac{L}{240} \quad (\text{Sumber: SNI 03-1729-2002})$$

Tabel 6.4 -1)

$$= \frac{250}{240} = 1.04 \text{ cm}$$

$$\Delta = \left[ \frac{5}{384} \frac{(qD + qL)L^4}{E.I_x} \right] + \left[ \frac{1}{48} \frac{P.L^3}{EI} \right]$$

$$= \left[ \frac{5}{384} \frac{(6.77 + 2.15)250^4}{2.10^6 \cdot 4050} \right] + \left[ \frac{1}{48} \frac{19135 \cdot 250^3}{2.10^6 \cdot 4050} \right]$$

$$= 0.82 \text{ cm}$$

Syarat:  $f^b \leq f_{ijin}$

$$0.82 \text{ cm} \leq 1.04 \text{ cm (OK)}$$

Jadi Profil WF 300x250x8x12 dapat dipakai.

#### 4.3.2 Perencanaan Balok Penggantung lift

##### 4.3.2.1 Data Perencanaan

Digunakan profil WF 350 x 250 x 9 x 14

$$A = 101,5 \text{ cm}^2 \quad I_x = 21700 \text{ cm}^4 \quad S_x = 1280 \text{ cm}^3$$

$$W = 79,7 \text{ kg/m} \quad I_y = 3650 \text{ cm}^4 \quad S_y = 292 \text{ cm}^3$$

$$bf = 250 \text{ mm} \quad ix = 14,6 \text{ cm} \quad Z_x = 1360 \text{ cm}^3$$

$$d = 340 \text{ mm} \quad iy = 6 \text{ cm} \quad Z_y = 444 \text{ cm}^3$$

$$tf = 14 \text{ mm} \quad r = 20 \text{ cm}$$

$$tw = 9 \text{ mm}$$

$$h = 272 \text{ mm}$$

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \quad f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_L = f_y - f_r = 2500 - 700$$

$$\text{Beton : } f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2 \quad = 1800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Panjang balok anak (L) = 450 cm = 4,5 m}$$

##### 4.3.2.2 Pembebanan

###### 1. Beban Mati :

$$\text{Berat sendiri profil} = 79.7 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat beton atap lift} \\ = 0.09 \times 2400 \times 4.5 &= 972 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat combideck} \\ = 10,1 \text{ kg/m}^2 \times 4.5 &= 45.45 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat aspal} \\ = 14 \text{ kg/m}^2 \times 4.5 &= 63 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$= 1160.16 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat ikatan (10\%)} = 116.01 \text{ kg/m}$$

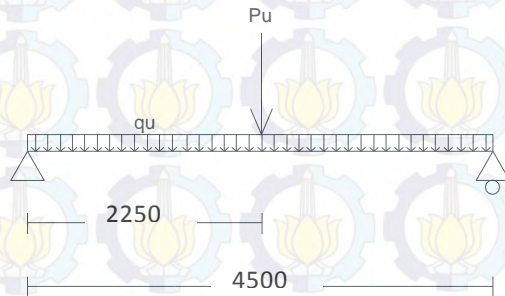
$$q_D = 1276.16 \text{ kg/m}$$

Beban terpusat akibat reaksi balok penggantung lift

$$P_D = 19135 \text{ kg}$$

## 2. Kombinasi beban

$$\begin{aligned} q_U &= 1,4 q_D \\ &= 1,4 \times 1276,16 \\ &= 1786,624 \text{ kg} \end{aligned}$$



**Gambar 4.19** Sketsa perhitungan balok penumpang lift

$$\begin{aligned} V_U &= \frac{1}{2} \cdot q_U \cdot L + \frac{1}{2} \cdot P_U \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1786,624 \cdot 4,5 + \frac{1}{2} \cdot 19135 \\ &= 10460,725 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_U &= \frac{1}{8} q_U L^2 + \frac{1}{4} P_U L \\ &= \frac{1}{8} (1786,624) (4,5)^2 + \frac{1}{4} (19135) (4,5) \\ &= 26049,267 \text{ kgm} \end{aligned}$$

### 4.3.2.3 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

a. Untuk sayap

$$\left. \begin{aligned} \frac{b_f}{2t_f} &= \frac{250}{2 \times 14} = 8,9 \\ \lambda_p &= \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,752 \end{aligned} \right\} \frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{272}{9} = 30.22$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106.253$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 03-1729-2002 Tabel 7.5-1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x \\ &= 1360 \times 2500 \\ &= 3400000 \text{ kgcm} = 34000 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi.M_n = 0.9 \times 34000 = 30600 \text{ kg.m}$$

$$\text{Syarat : } \phi.M_n > M_u$$

$$30600 \text{ kg.m} > 26049.267 \text{ kgm (OK)}$$

#### 4.3.2.4 Kontrol Lateral Buckling

$$L_b = 225 \text{ cm}$$

Dari tabel profil WF didapatkan nilai :

$$L_p = 298,682 \text{ cm}$$

$$L_r = 936,253 \text{ cm}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka termasuk bentang pendek, sehingga :

$$\begin{aligned} M_{px} &= M_{nx} = Z_x \times f_y \\ &= 1360 \times 2500 \end{aligned}$$

$$= 3400000 \text{ kgcm} = 34000 \text{ kgm}$$

$$\phi.M_n = 0.9 \times 34000 = 30600 \text{ kg.m}$$

$$\text{Syarat : } \phi.M_n > M_u$$

$$30600 \text{ kg.m} > 26049.267 \text{ kgm (OK)}$$



Karena Kekuatan nominal penampang profil baja lebih besar daripada momen akibat beban berfaktor, maka penampang mampu menahan beban yang terjadi.

#### 4.3.2.5 Kontrol Kuat Geser

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{272}{9} = 30.22 \\ \frac{1100}{\sqrt{f_y}} &= \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69.57 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \text{ (plastis)}$$

$$V_n = 0.6 \times f_y \times A_w$$

$$= 0.6 \times 2500 \times (34 \times 0.9) = 45900 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 45900 = 41310 \text{ kg}$$

$$V_u = 9831.4 \text{ kg}$$

$$\text{Syarat : } \phi V_n > V_u$$

$$41310 \text{ kg} > 10460.725 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.3.2.6 Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} \rightarrow f_{ijin} = \frac{L}{240} \quad (\text{Sumber: SNI 03-1729-2002})$$

Tabel 6.4 -1)

$$= \frac{450}{240} = 1.875 \text{ cm}$$

$$\Delta = \left[ \frac{5}{384} \frac{(qD)L^4}{EI} \right] + \left[ \frac{1}{48} \frac{P.L^3}{EI} \right]$$

$$= \left[ \frac{5 (12.76) 430^4}{384 \cdot 2.10^6 \cdot 21700} \right] + \left[ \frac{1 \cdot 19135.430^3}{48 \cdot 2.10^6 \cdot 21700} \right]$$

$$= 0.994 \text{ cm}$$

Syarat:  $f^0 \leq f_{ijin}$

$$0.994 \text{ cm} \leq 1.79 \text{ cm (OK)}$$

Jadi Profil WF 350x250x9x14 dapat dipakai.

#### 4.4 Perencanaan Balok Anak Atap dan Lantai

Fungsi dari balok anak adalah meneruskan serta membagi beban yang dipikul pelat lantai ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder sehingga dalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

Menggunakan profil WF 300x200x8x12

$w = 56.8 \text{ kg/m}$	$i_x = 12.5 \text{ cm}$
$d = 294 \text{ mm}$	$i_y = 4.71 \text{ cm}$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$S_x = 771 \text{ cm}^3$
$t_w = 8 \text{ mm}$	$S_y = 160 \text{ cm}^3$
$t_f = 12 \text{ mm}$	$Z_x = 823 \text{ cm}^3$
$r = 18 \text{ mm}$	$Z_y = 244 \text{ cm}^3$
$A = 72.38 \text{ cm}^2$	$h = d - 2(t_f + r)$
$I_x = 11300 \text{ cm}^4$	$= 294 - 2(12 + 18)$
$I_y = 1600 \text{ cm}^4$	$= 234 \text{ mm}$

BJ 41:  $f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$

$f_u = 4100 \text{ kg/m}^2$

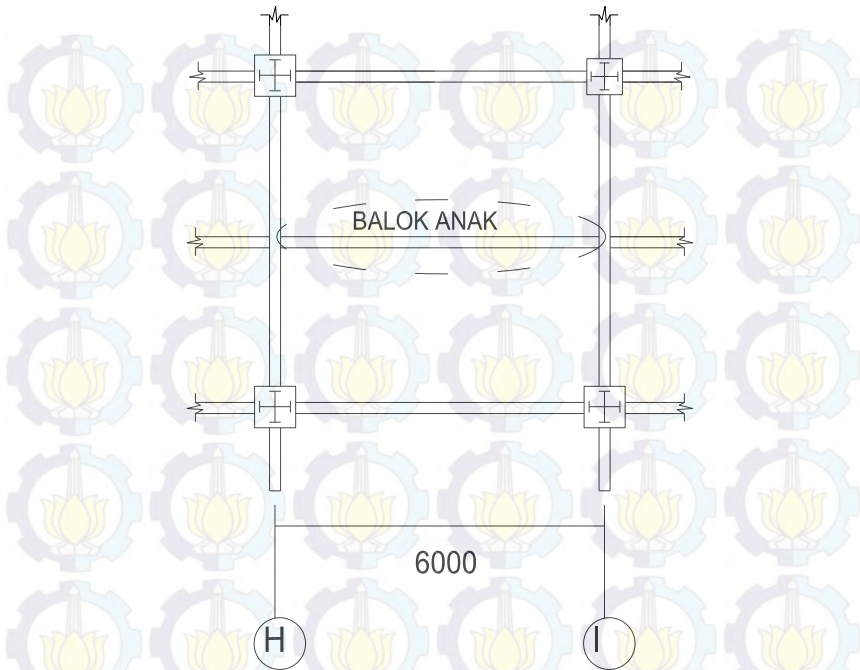
$f_r = 700 \text{ kg/m}^2$

Beton ( $f_c'$ ) =  $300 \text{ kg/m}^2$

$f_r = 30\% \times f_y = 750 \text{ kg/cm}^2$

$f_L = f_y - f_r = 2500 - 750 = 1750 \text{ kg/m}^2$

Panjang balok anak ( $L$ ) =  $6 \text{ m}$



**Gambar 4.20 Denah Balok Anak**

#### 4.4.1 Kondisi Balok Anak Sebelum Komposit

##### 1. Beban mati

Berat pelat bondek

$$= 10.1 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m}$$

$$= 30.3 \text{ kg/m}^2$$

Berat sendiri pelat beton

$$= 0.1 \times 2400 \times 3$$

$$= 720 \text{ kg/m}^2$$

Berat sendiri profil

$$= 56.2 \text{ kg/m}^2 +$$

$$= 806.5 \text{ kg/m}$$

Sambungan dll (10%)

$$= 80.65 \text{ kg/m}^2 +$$

$$= 887.1 \text{ kg/m}$$

##### 2. Beban berfaktor :

$$q_U = 1,4 \cdot q_D$$

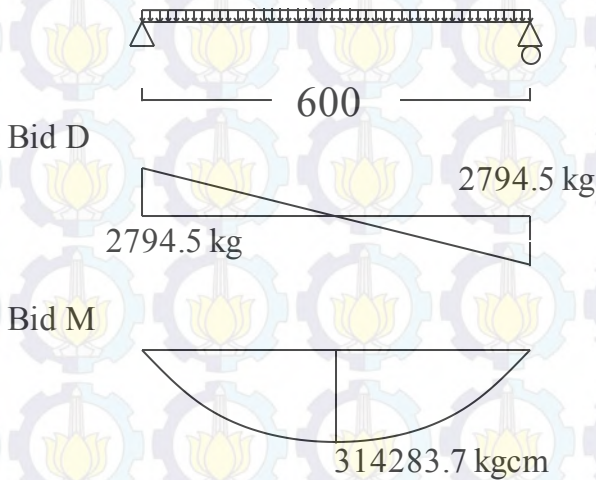
$$= 1,4 \cdot 887.15 = 1242.01 \text{ kg/m}$$

3. Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{8} x q u x L^2 = \frac{1}{8} (1242.01)(6)^2 \\ &= 3142.8378 \text{ kgm} = 314283.78 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

4. Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} x q u x L = \frac{1}{2} x 1242.01 x 6 = 2794.52 \text{ kg}$$



**Gambar 4.21** Bidang D dan M pada komposit balok sebelum komposit



#### 4.4.1.1 Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin} \rightarrow f_{ijin} = \frac{L}{240} \quad (\text{Sumber: SNI 03-1729-2002 Tabel 6.4 -1})$$

$$= \frac{600}{240} = 2.5 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \frac{(qD)L^4}{EIx} \right] = \frac{5}{384} \cdot \frac{(8.87) \times 600^4}{2 \times 10^6 \times 20000} = 0.11 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat: } f^0 \leq f_{ijin}$$

$$0.11 \text{ cm} \leq 2.5 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.4.1.2 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

a. Untuk sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 12} = 8.33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10.752$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b_f}{2t_f} = 8.33 \\ \lambda_p = 10.752 \end{array} \right\} \frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234}{8} = 29.25$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106.253$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_w} = 29.25 \\ \lambda_p = 106.253 \end{array} \right\} \frac{h}{t_w} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 03-1729-2002 Tabel 7.5-1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 823 \\ &= 2057500 \text{ kg.cm} \\ &= 20575 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 20575 = 18517.5 \text{ kg.m}$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n > M_u$$

$$18517.5 \text{ kg.m} > 3142.83 \text{ kgm (OK)}$$

#### 4.4.1.3 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$L_b = 600 \text{ cm}$$

$$L_p = 234.45 \text{ cm (dari tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

$$L_r = 742.89 \text{ cm (dari tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (bentang menengah)}$$

$$M_y = S_x \cdot f_y = 771 \times 2500$$

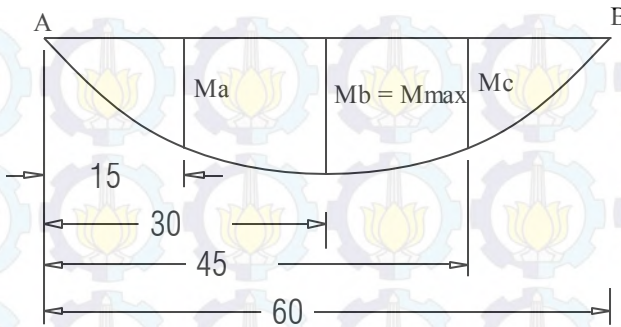
$$= 1927500 \text{ kgcm} = 19275 \text{ kgm}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 823 \times 2500$$

$$= 2057500 \text{ kg.cm} = 20575 \text{ kg.m}$$

$$M_r = S_x \cdot f_l = 771 \times (2500 - 700)$$

$$= 1387800 \text{ kg.cm} = 13878 \text{ kg.m}$$



**Gambar 4.22** Momen  $M_A$ ,  $M_B$ , dan  $M_C$

$$M_A = M_C = (2794.52)(15) - 0,5(1242.01)(15)^2 = 2357.87 \text{ kgm}$$

$$M_B = M_{\max} = 3182.34 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12.5M_{\max}}{2.5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2.3$$

$$= \frac{12,5(3182.34)}{2,5(3182.34) + 3(2357.87) + 4(3182.34) + 3(2357.87)}$$

$$= 1,142 \leq 2,3$$

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L_b)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

$$M_n = 1,142 \left[ 13878 + (20575 - 13878) \frac{(742.89 - 600)}{(742.89 - 234.45)} \right]$$

$$M_n = 20254.34 \text{ kgm} < M_p = 20575 \text{ kgm}$$

Syarat :  $\Phi M_n \geq M_u$  ( $\Phi = 0,9$ )

$$0,9 \times 20254,34 \geq 3182,34$$

$$18228,90 \geq 7423,69$$

.....Ok!!

#### 4.4.1.4 Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234}{8} = 29,25$$

$$\frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w$$

$$= 0,6 \times 2500 \times (23,4 \times 0,8) = 28080 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 28080 = 25272 \text{ kg}$$

$$V_u = 2794,52 \text{ kg}$$

Syarat :

$$\phi V_n > V_u$$

$$25272 \text{ kg} > 2794,52 \text{ kg} \text{ (OK)}$$



#### 4.4.2 Kondisi Balok Anak Setelah Komposit

1. Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat bondek} &= 10.1 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} &= 30.30 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat sendiri pelat beton} &= 0.1 \times 2400 \times 3 &= 720 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat sendiri profil} & &= 56.2 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat spesi (2 cm)} &= 2 \times 21 \text{ kg/m}^2 \times 3 &= 126 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat keramik} &= 1.24 \text{ kg/m}^2 \times 3 &= 3.72 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat rangka+plafond} &= (11+7) \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} &= 54 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat ducting+plumbing} &= 10 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} &= 30 \text{ kg/m}^2 + \\
 & &= 948.22 \text{ kg/m} \\
 \text{Sambungan dll (10\%)} & &= 94.82 \text{ kg/m}^2 + \\
 & &= 1043.04 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

2. Beban hidup (Tabel 3.1 PPIUG 1983)

$$q_L = 3 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 = 750 \text{ kg/m}$$

3. Beban berfaktor :

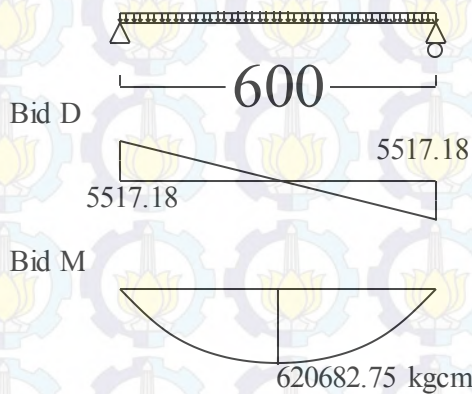
$$\begin{aligned}
 q_U &= 1.2 \cdot q_D + 1.6 \cdot q_L \\
 &= 1.2 \cdot 1043.04 + 1.6 \cdot 750 = 2452.08 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

4. Momen yang terjadi

$$M_U = \frac{1}{8} q_U x L^2 = \frac{1}{8} (2452.08)(6)^2 = 6206.8275 \text{ kgm} = 620682.75 \text{ kgcm}$$

5. Gaya geser yang terjadi

$$V_U = \frac{1}{2} x q_u x L = \frac{1}{2} x 2452.08 x 6 = 5517.18 \text{ kg}$$



**Gambar 4.23** Bidang D dan M pada komposit balok setelah komposit

#### 1.4.2.1 Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

a. Untuk sayap

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 12} = 8.33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10.752$$

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \lambda_p$$

b. Untuk badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234}{8} = 29.25$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106.253$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p$$

(Sumber: SNI 03-1729-2002 Tabel 7.5-1)

Penampang profil kompak karena rasio kelangsingan sayap dan rasio tinggi badan memenuhi persyaratan, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 823 \\ &= 2057500 \text{ kg.cm} \\ &= 20575 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot M_n = 0.9 \times 20575 = 18517.5 \text{ kg.m}$$

Syarat :

$$\phi \cdot M_n > M_u$$

$$18517.5 \text{ kg.m} > 6206.8275 \text{ kgm (OK)}$$

#### 4.4.2.2 Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

$$b_{eff} \leq \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} = 150 \text{ cm}$$

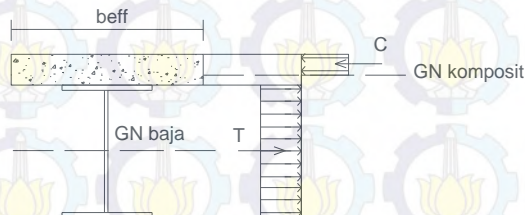
$$b_{eff} \leq S = 3 \text{ m} = 3000 \text{ mm}$$

Jadi  $b_{eff} = 150 \text{ cm}$

#### 4.4.2.3 Menentukan Gaya Tekan yang Terjadi pada Pelat

$$C = 0.85 x f_c' x t_{plat} x b_{eff} = 0.85 x 300 x 10 x 150 = 258187.5 \text{ kg}$$

$$T = A_s x f_y = 72.38 x 2500 = 180950 \text{ kg (menentukan)}$$



**Gambar 4.24** Gaya yang terjadi pada balok komposit

#### 4.4.2.4 Menentukan Jarak-dari Centroid Gaya yang Bekerja

$$a = \frac{Asx_{fy}}{0.85x f_c' x b_{eff}} = \frac{180950}{0.85x300x112,5} = 6.307 \text{ cm}$$

$$d1 = h_r + t_b - a/2 = 5.3 + 3.7 - (6.3/2) = 5.85 \text{ cm}$$

$$d2 = 0 \text{ (Profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d3 = d/2 = 29,4/2 = 14,7 \text{ cm}$$

$$e = d1 + d2 + d3 = 5.85 + 0 + 14.7 = 20.55 \text{ cm}$$

#### 4.4.2.5 Menghitung Kekuatan Nominal Penampang Komposit

$$\begin{aligned} M_n &= T \times e \\ &= (180950)(20.55) \\ &= 3718522.5 \text{ kg.cm} \\ &= 37185.22 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 37185.22 = 33466.69 \text{ kgm}$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n > M_u$$

$$33466.69 \text{ kg.m} > 6206.82 \text{ kgm (OK)}$$

Kekuatan nominal penampang komposit lebih besar daripada momen akibat beban berfaktor, sehingga penampang mampu menahan beban yang terjadi.

#### 4.4.2.6 Menghitung Luasan Transformasi Beton ke Baja

$$E_c = 0.041 x w_c^{1.5} x \sqrt{f_c'} = 0.041 x 2400^{1.5} x \sqrt{30} = 26403.5 \text{ MPa}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

$$b_{eff} = 112.5 \text{ cm}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{2 \times 10^5}{26403.5} = 7.57$$

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{112.5}{7.57} = 14.861 \text{ cm}$$

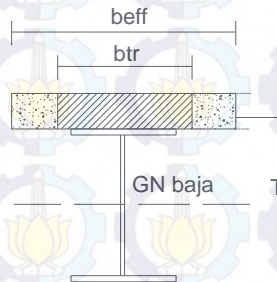
$$A_{tr} = b_{tr} \times t_b = 14.861 \times 3.7 = 54.985 \text{ cm}$$



#### 4.4.2.7 Menentukan Letak Garis Netral

$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} \cdot x t_b}{2} + \left( A_s \left( t_b + hr + \frac{d}{2} \right) \right)}{(A_{tr} + A_s)}$$

$$= \frac{\frac{54.98 \times 3.7}{2} + \left( 72.38 \left( 10 + \frac{29.4}{2} \right) \right)}{(54.98 + 72.38)} = 14.26 \text{ cm}$$



**Gambar 4.25** Lebar transformasi balok komposit

#### 4.4.2.8 Menentukan Nilai Momen Inersia Penampang Transformasi

$$I_{tr} = \frac{b_r (t_b)^3}{12} + A_{tr} \left( Y_{na} - \frac{t_b}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left( \left( \frac{d}{2} + t_p \right) - Y_{na} \right)^2$$

$$I_{tr} = \frac{14.86(3.7)^3}{12} + 54.98 \left( 14.26 - \frac{3.7}{2} \right)^2 + 11300 + 72.16 \left( \left( \frac{29.4}{2} + 10 \right) - 14.26 \right)^2$$

$$= 26260.52 \text{ cm}^4$$

#### 4.4.2.9 Kontrol Lendutan

Lendutan ijin  $\rightarrow f_{ijin} = \frac{L}{240}$  (Sumber: SNI 03-1729-2002 Tabel 6.4 -1)

$$= \frac{600}{240} = 2,5 \text{ cm}$$

$$f^b = \left[ \frac{5}{384} \frac{(qD + qL)L^4}{E.I_{tr}} \right] = \frac{5}{384} \cdot \frac{(17.93) \times 450^4}{2 \times 10^6 \times 26260.52} = 0.1823 \text{ cm}$$

Syarat:  $f^b \leq f_{ijin}$

$$0.1823 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.4.2.10 Kontrol Geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan ( $h$ ) dengan tebal pelat badan ( $t_w$ )

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{F_{yw}}}$$

Dimana:

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} ; \text{ untuk balok dengan pengaku vertikal pelat badan}$$

$$k_n = 5 ; \text{ untuk balok tanpa pengaku vertikal pelat badan}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{F_{yw}}}$$

$$\frac{234}{8} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5x(2.10^6)}{250}}$$

$$29.25 < 69.57 \text{ (OK)}$$

$$Vn = 0,6 f_y A_w$$

$$= 0.6 \times 2500 \times (29.4 \times 0.8)$$

$$= 35280 \text{ kg}$$

$$\phi Vn = 0.9 \times 35280 = 31752 \text{ kg}$$

$$V_u = 5517.18 \text{ kg}$$

Syarat :

$$\phi Vn > V_u$$

$$31752 \text{ kg} > 5517.18 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.4.2.11 Perencanaan Penghubung Geser

Penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud dengan:

$$d_s = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ MPa} = 41 \text{ kg/mm}^2$$

$$Ec = 0.041 x w_c^{1.5} x \sqrt{f_c'} = 0.041 \times 2400^{1.5} x \sqrt{30}$$

$$= 26403.5 \text{ MPa}$$

$$Q_n = 0.5 \times A_{sc} x \sqrt{f_c' x Ec} = 0.5 \times 283.4 \times \sqrt{30 \times 26403.5}$$

$$= 126106.7 \text{ N}$$

$$= 12610.67 \text{ kg/stud}$$

Syarat :

$$Q_n \leq A_{sc} f_u$$

$$11004.6 \leq 283.53 \times 41$$

$$126106.7 \text{ kg/stud} > 11624.73 \text{ kg/stud}$$

Pakai  $Q_n = 11624.73 \text{ kg}$

Jumlah stud untuk setengah bentang:

$$N = \frac{T_{\max}}{Q_n} = \frac{180950}{11624.73} = 15.56 = 16 \text{ buah}$$

Jadi dibutuhkan 32 buah stud untuk seluruh bentang.

Jarak seragam (P) dengan stud pada masing-masing lokasi:

$$P = \frac{L}{N} = \frac{600}{16} = 37.5 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak minimum} = 6 \times d = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$$

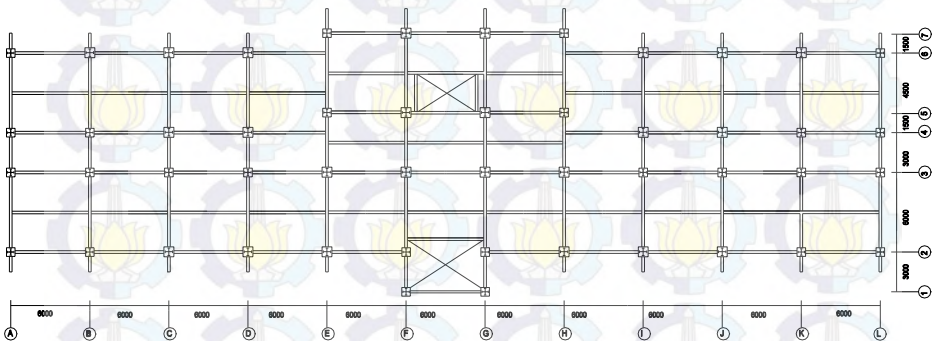
Jadi shear connector dipasang sejarak 37,5 cm sebanyak 16 buah untuk masing-masing bentang



## BAB V

### PEMODELAN STRUKTUR

Struktur yang direncanakan adalah bangunan rumah tinggal yang terdiri dari 15 lantai dengan total tinggi struktur 54 meter. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut :

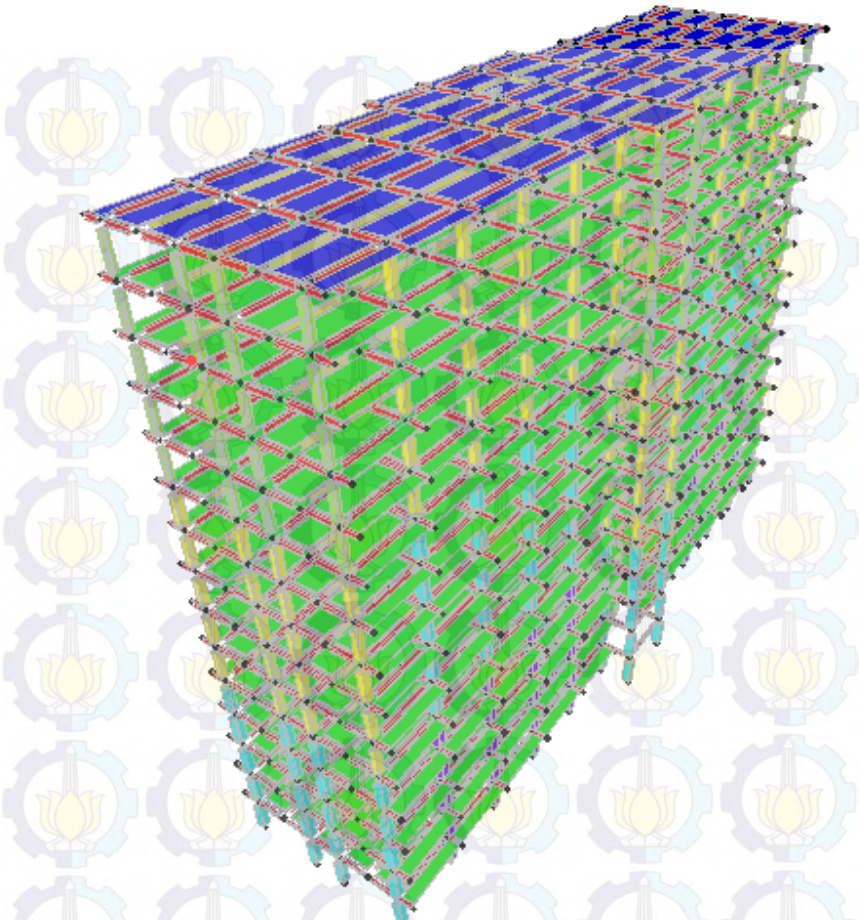


*Gambar 5.1 Denah Struktur Rumah Susun Sumur Welut*

Pada gambar 5.1 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar.

Permodelan struktur Rumah Susun Sumur Welut dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000. Pada program SAP 2000, struktur perkantoran akan dimodelkan sesuai dengan kondisi yang nyata. Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI-1726-2012 (Gempa) dan SNI-1729-2002 (Baja).

Berikut adalah pemodelan yang sudah dilakukan dalam program SAP 2000 :



***Gambar 5.2 Dimensi Struktur Rumah Susun Sumur Welut***

### **5.1 Pembebanan Struktur Utama**

Pembebanan struktur didasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG1983) dengan rincian sebagai berikut :

1. Beban mati (*dead load*)
  - a. Sebelum komposit

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat bondek} &= 10.1 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat pelat beton} &= 0.09 \times 2400 \\
 &= 10.1 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 216 \text{ kg/m}^2 + \\
 &= 226.1 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Setelah komposit

- Pelat atap

$$\begin{aligned}
 \text{Berat aspal (t=2cm)} &= 2 \times 14 &= 28 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat rangka+plafon} &= (11+7) &= 18 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat ducting plumbing} & &= 10 \text{ kg/m}^2 + \\
 & &= 56 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- Pelat lantai

$$\begin{aligned}
 \text{Berat spesi (t=2cm)} &= 2 \times 21 &= 42 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat keramik (t=1cm)} &= 1 \times 24 &= 24 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat rangka+plafon} &= (11+7) &= 18 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat ducting plumbing} & &= 10 \text{ kg/m}^2 + \\
 & &= 94 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- Berat sendiri

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat bondek} &= 10.1 \text{ kg/m}^2 &= 10.1 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat pelat beton} &= 0.09 \times 2400 &= 216 \text{ kg/m} + \\
 & &= 226.1 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Beban lift

Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas. Besar beban lift terlampir

- Beban dinding  $\frac{1}{2}$  bata sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$

## 2. Beban hidup (*live load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut.. Rincian pembebanan untuk beban hidup adalah sebagai berikut :

a. Setelah komposit

$$\begin{aligned}
 \text{Lantai atap} &= 100 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Lantai 1-15} &= 200 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Beban gempa (*earthquake load*)

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik.



### **5.1.1 Berat Total Bangunan**

Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan untuk mengecek apakah perhitungan struktur Rumah Susun Sumur Welut yang menggunakan pembebanan gempa dinamik gaya geser nya sudah mencapai 80% gaya geser statik.

Pada tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 untuk kombinasi 1D + 1L.

## **5.2 Pembebanan Gempa Dinamis**

Pada struktur Rumah Susun Sumur Welut ini mempunyai jumlah lantai 15 tingkat dengan ketinggian 54 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 03-1726-2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

### **5.2.1 Arah pembebanan**

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :  
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :  
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X



### 5.2.2 Parameter respon spektrum rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Pada tugas akhir ini, perhitungan gaya gempa digunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 03-1726-2012. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs E) :

*Tabel 5.1 Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs E (Tanah Lunak)*

PGA (g)	0.326
SS (g)	0.663
S1 (g)	0.248
CRS	0.992
CR1	0.929
FPGA	1.123
FA	1.373
FV	3.009
PSA (g)	0.366
SMS (g)	0.911
SM1 (g)	0.746
SDS (g)	0.607
SD1 (g)	0.497
T0 (detik)	0.164
TS (detik)	0.819

### 5.2.3 Faktor reduksi gempa (R)

Gedung ini direncanakan dengan sistem rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah. Berdasarkan tabel 9 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) = 4.5, nilai koefisien modifikasi respon ( $R$ ) = 5 dan nilai faktor kuat lebih sistem ( $\Omega$ ) = 3

### 5.2.4 Faktor keutamaan (I)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$ . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan Rumah Susun. Pada tabel 1 SNI 03-1726-2012 bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai  $I = 1$ .

## 5.3. Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

### 5.3.1 Kontrol partisipasi massa

Menurut SNI 1726 ps 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 5.2 berikut :

*Tabel 5.2 Rasio Partisipasi Massa Rumah Susun Sumur Welut*

OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0	0.7595	2.055E-07
MODAL	Mode	2	0.5942	0.7595	2.055E-07
MODAL	Mode	3	0.769	0.7595	2.055E-07
MODAL	Mode	4	0.769	0.8808	0.000001286
MODAL	Mode	5	0.8798	0.8808	0.000001286
MODAL	Mode	6	0.884	0.8808	0.000001286
MODAL	Mode	7	0.884	0.9279	0.000001629
MODAL	Mode	8	0.9351	0.9279	0.000001629
MODAL	Mode	9	0.9351	0.9478	0.000002591
MODAL	Mode	10	0.9351	0.9708	0.000002592
MODAL	Mode	11	0.986	0.9708	0.000002592
MODAL	Mode	12	0.986	0.997	0.000002777

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 93,5% pada moda ke 8 dan partisipasi massa arah Y sebesar 92,7% pada moda ke 7. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

### 5.3.2 Kontrol waktu getar alami fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :



$$T = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai  $T$  di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai  $S_{D1}$ .

Struktur Rumah Susun Sumur Welut memiliki tinggi strukut 54 m. Pada struktur ini digunakan tipe struktur rangka baja pemikul momen sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

$$C_t = 0.0724$$

$$x = 0.8$$

$$h_n = 54 \text{ m}$$

maka :

$$T = 0.0724 \times 54^{0.8} \\ = 1.7606 \text{ s}$$

Nilai  $C_u$  didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012, untuk nilai  $S_{D1} = 0,497$ , maka :

$$C_u \cdot T = 1.4 \times 1.7606 = 2.4648 \text{ s}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapat,

*Tabel 5.3 Periode Struktur*

Modal	Period
no	Sec
1	1.732372
2	1.695453
3	1.667847
4	0.632277
5	0.617636
6	0.580349
7	0.378107
8	0.363152
9	0.257468
10	0.183928



11	0.181689
12	0.102534

Dari tabel di atas didapat  $T = 1,73$  s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai  $T$  masih lebih kecil dari  $C_u \times T$ . Jadi analisis struktur rumah susun Sumur Welut masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

### 5.3.3 Kontrol nilai akhir respon spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana :

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,607}{\left(\frac{5}{1}\right)} = 0,076$$

Nilai  $C_s$  di atas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{SD1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,497}{1,76\left(\frac{5}{1}\right)} = 0,056 < 0,076$$

(Not OK)

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \\ &= 0,044 \cdot 0,607 \cdot 1 \\ &= 0,026708 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Maka diambil  $C_s = 0.056$

Dari program analisa struktur SAP2000, didapat berat total struktur adalah 3785852,05. Maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\ &= 0,056 \cdot 3785852,05 \text{ kg} \\ &= 212007,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

*Tabel 5.4 Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa*

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	536397.53	155718.07
Gempa Arah Y	146470.17	472453.34

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$536397.53 \text{ kg} > 85\% \cdot 212007,71 \text{ kg}$$

$$536397.53 \text{ kg} > 180206,56 \text{ kg (OK)}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \cdot V_{\text{statik}}$$

$$472453.34 \text{ kg} > 85\% \cdot 212007,71 \text{ kg}$$

$$472453.34 \text{ kg} > 180206,56 \text{ kg (OK)}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur Rumah Susun Sumur Welut masih memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.

#### **5.3.4 Kontrol batas simpangan antar lantai (*drift*)**

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

$\Delta_i$  = Simpangan yang terjadi

$\Delta_a$  = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = C_d \cdot \delta_{e1} / I$$

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = ( \delta_{e2} - \delta_{e1} ) \cdot C_d / I$$

Dimana :

$\delta_{e1}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$\delta_{e2}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

$I$  = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah, dari tabel 9 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai  $C_d = 4.5$  dan dari tabel 2 SNI 03-1726-2012 didapat nilai  $I = 1$ . Dari tabel 16 SNI 03-1726-2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,020 \cdot h_{sx}$$

Dimana :

$h_{sx}$  = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

- Untuk tinggi tingkat 3,6 m, simpangan ijinnya adalah

$$\Delta_a = 0,020 \cdot 3.6$$

$$= 0,072 \text{ m}$$

$$= 72 \text{ mm}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

*Tabel 5.5 Simpangan Antar Lantai yang Terjadi Akibat Beban Gempa*

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X		Gempa Arah Y	
	Zi	Simpangan		Simpangan	
	(m)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)
15	54	87.69	30.8	23.94	83.13
14	50.4	86.93	30.42	23.73	82.09
13	46.8	84.71	29.51	23.13	79.67
12	43.2	81.007	28.07	22.12	75.82
11	39.6	75.96	26.17	20.74	70.74
10	36	69.76	23.9	19.05	64.67
9	32.4	64.42	21.97	17.59	59.43
8	28.8	58.31	19.8	15.92	53.54
7	25.2	51.44	17.39	14.04	46.99
6	21.6	43.88	14.75	11.98	39.84
5	18	35.69	11.92	9.74	32.21
4	14.4	28.47	9.48	7.77	25.59
3	10.8	20.82	6.91	5.68	18.66
2	7.2	12.83	4.25	3.5	11.47
1	3.6	5.02	1.65	1.37	4.46



*Tabel 5.6 Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah X*

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
15	54	87.69	0.76	3.42	72	OK
14	50.4	86.93	2.22	9.99	72	OK
13	46.8	84.71	3.703	16.6635	72	OK
12	43.2	81.007	5.047	22.7115	72	OK
11	39.6	75.96	6.2	27.9	72	OK
10	36	69.76	5.34	24.03	72	OK
9	32.4	64.42	6.11	27.495	72	OK
8	28.8	58.31	6.87	30.915	72	OK
7	25.2	51.44	7.56	34.02	72	OK
6	21.6	43.88	8.19	36.855	72	OK
5	18	35.69	7.22	32.49	72	OK
4	14.4	28.47	7.65	34.425	72	OK
3	10.8	20.82	7.99	35.955	72	OK
2	7.2	12.83	7.81	35.145	72	OK
1	3.6	5.02	0	0	0	OK

*Tabel 5.7 Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X*

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
15	54	30.8	0.38	1.71	72	OK
14	50.4	30.42	0.91	4.095	72	OK
13	46.8	29.51	1.44	6.48	72	OK
12	43.2	28.07	1.9	8.55	72	OK
11	39.6	26.17	2.27	10.215	72	OK
10	36	23.9	1.93	8.685	72	OK
9	32.4	21.97	2.17	9.765	72	OK
8	28.8	19.8	2.41	10.845	72	OK
7	25.2	17.39	2.64	11.88	72	OK
6	21.6	14.75	2.83	12.735	72	OK
5	18	11.92	2.44	10.98	72	OK
4	14.4	9.48	2.57	11.565	72	OK
3	10.8	6.91	2.66	11.97	72	OK
2	7.2	4.25	2.6	11.7	72	OK
1	3.6	1.65	0	0	0	OK

*Tabel 5.8 Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah Y*

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
15	54	23.94	0.21	0.945	72	OK
14	50.4	23.73	0.6	2.7	72	OK
13	46.8	23.13	1.01	4.545	72	OK
12	43.2	22.12	1.38	6.21	72	OK
11	39.6	20.74	1.69	7.605	72	OK
10	36	19.05	1.46	6.57	72	OK
9	32.4	17.59	1.67	7.515	72	OK
8	28.8	15.92	1.88	8.46	72	OK
7	25.2	14.04	2.06	9.27	72	OK
6	21.6	11.98	2.24	10.08	72	OK
5	18	9.74	1.97	8.865	72	OK
4	14.4	7.77	2.09	9.405	72	OK
3	10.8	5.68	2.18	9.81	72	OK
2	7.2	3.5	2.13	9.585	72	OK
1	3.6	1.37	0	0	0	OK

*Tabel 5.9 Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah Y*

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\delta_{ei}$ (mm)	$\delta_i$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
15	54	83.13	1.04	4.68	72	OK
14	50.4	82.09	2.42	10.89	72	OK
13	46.8	79.67	3.85	17.325	72	OK
12	43.2	75.82	5.08	22.86	72	OK
11	39.6	70.74	6.07	27.315	72	OK
10	36	64.67	5.24	23.58	72	OK
9	32.4	59.43	5.89	26.505	72	OK
8	28.8	53.54	6.55	29.475	72	OK
7	25.2	46.99	7.15	32.175	72	OK
6	21.6	39.84	7.63	34.335	72	OK
5	18	32.21	6.62	29.79	72	OK
4	14.4	25.59	6.93	31.185	72	OK
3	10.8	18.66	7.19	32.355	72	OK
2	7.2	11.47	7.01	31.545	72	OK
1	3.6	4.46	0	0	0	OK

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur Rumah Susun Sumur Welut memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.



## BAB VI

### PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

#### 6.1 Umum

Perencanaan struktur primer meliputi perencanaan balok induk melintang dan memanjang menggunakan profil WF serta perencanaan kolom menggunakan profil King Cross komposit beton. Pada perencanaan balok induk dan kolom, menggunakan balok induk dan kolom yang paling kritis, sehingga profil yang digunakan seragam untuk semua balok induk.

#### 6.2 Perencanaan Balok Induk

Balok induk direncanakan menggunakan profil WF 450 x 200 x 9 x 14 dengan data-data sebagai berikut:

w	= 76 kg/m	ix	= 19 cm
d	= 450 mm	iy	= 4,4 cm
bf	= 200 mm	Sx	= 1490 cm <sup>3</sup>
tw	= 9 mm	Sy	= 187 cm <sup>3</sup>
tf	= 14 mm	Zx	= 1621 cm <sup>3</sup>
r	= 18 mm	Zy	= 289 cm <sup>3</sup>
A	= 96,8 cm <sup>2</sup>	h	= 450 – 2(tf+r)
Ix	= 33500 cm <sup>4</sup>		= 450 – 2(14+18)
Iy	= 1870 cm <sup>4</sup>		= 386 mm

Bahan :

BJ 41 :  $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

##### 6.2.1 Perencanaan Balok Induk Melintang

###### 6.2.1.1 Kondisi sebelum komposit

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil SAP2000 v14.0.0 diperoleh gaya-gaya dalam maksimum sebagai berikut:

Bentang (L)= 6 m

M Momen max = +12855,73 kgm (lapangan)

$$\begin{aligned}
 &= -25634,54 \text{ kgm (tumpuan)} \\
 V_{\max} &= 8907,07 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Pembebanan Sebelum Komposit

1. Beban Mati

$$\text{Berat pelat bondex} = 10,1 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} = 30,3 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri pelat beton} = 0,1 \times 2400 \times 3 = 720 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri profil WF} = 76 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat ikatan (10\%)} = 826,3 \text{ kg/m}$$

$$q_D = \frac{82,63 \text{ kg/m}}{10} = 908,93 \text{ kg/m}$$

2. Kombinasi beban

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,4 q_D \\
 &= 1,4 \times 908,93 \\
 &= 1272,503 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

a. Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{386}{9} = 42,89 \Rightarrow \frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \Rightarrow \text{plastis}$$

$$\frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \Rightarrow A_w = d \times tw = 45 \times 0,9 = 40,5 \text{ cm}^2 \\
 &= 0,6 \times 2500 \times 40,5 \\
 &= 60750 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat: } \Phi V_n \geq V_u \quad (\Phi = 0,9)$$

$$0,9 \times 60750 \geq 8907,07$$

$$54675 \geq 8907,07 \text{.....Ok!!}$$

## b. Kontrol Kuat Momen Lentur

- Tekuk Lokal (*local buckling*)

Sayap:

$$\frac{bf}{2.tf} = \frac{200}{2 \times 14} = 10,167$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\Rightarrow \frac{bf}{2.tf} \leq \lambda_p$$

Penampang Kompak !

Badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{386}{9} = 42,89$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\Rightarrow \frac{h}{tw} \leq \lambda_p$$

- Tekuk Lateral (*lateral buckling*)

Jarak penahan lateral = 300 cm

Dari tabel profil untuk WF 450x200x9x14 dengan BJ 41, diperoleh:

$$L_p = 219,033 \text{ cm}$$

$$L_r = 641,818 \text{ cm}$$

Dengan demikian:  $L_p < L_b < L_r$  ..... **Bentang Menengah**

$$M_y = S_x \cdot f_y = 1490 \times 2500$$

$$= 3725000 \text{ kgcm} = 37250 \text{ kgm}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 1621 \times 2500$$

$$= 4052500 \text{ kg.cm} = 40525 \text{ kg.m}$$

$$M_r = S_x \cdot f_l = 1490 \times (2500 - 700)$$

$$= 2682000 \text{ kg.cm} = 26820 \text{ kg.m}$$

$$M_A = M_C = (V_u \times 1.5) - \left( \frac{1}{2} \times q_u \times 1.5^2 \right)$$

$$= (7667,38 \times 1.5) - \left( \frac{1}{2} \times 1272,5 \times 1.5^2 \right)$$

$$= 4729,8675 \text{ kgm} = 472986,75 \text{ kgcm}$$

$$M_B = (Vux3) - \left( \frac{1}{2} xqux3^2 \right)$$

$$= (7667,38 x3) - \left( \frac{1}{2} x1272,5x3^2 \right)$$

$$= 6596,55 \text{ kgm} = 659655 \text{ kgcm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,30$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 1364092}{2,5(1364092) + 3(472986,75) + 4(659655) + 3(472986,75)} = 1,91 \leq 2,3$$

$$Mn = Cb \left[ Mr + (Mp - Mr) \frac{(Lr - Lb)}{(Lr - Lp)} \right] \leq Mp$$

$$Mn = 1,91 \left[ 26820 + (40525 - 26820) \frac{(641,818 - 600)}{(641,818 - 219,033)} \right]$$

$$Mn = 53815,34 \text{ kgm} > Mp = 40525 \text{ kgm} \dots \text{Pakai } Mn = Mp$$

$$\text{Syarat : } \Phi Mn \geq Mu \quad (\Phi = 0,9)$$

$$0,9 \times 40525 \geq 25634,54$$

$$36472,5 \geq 25634,54 \text{ (OK)}$$

c. Kontrol Lendutan

Lendutan ijin:

$$f' = \frac{L}{240} = \frac{600}{240} = 2,5 \text{ cm}$$

$$f^b = \left[ \frac{5}{384} \frac{(qD + qL)L^4}{E.Itr} \right] = \frac{5}{384} \cdot \frac{(9.08) \times 600^4}{2 \times 10^6 \times 33500} = 0.22 \text{ cm}$$

Syarat:

$$f^b \leq f_{\text{ijin}} \\ 0.22 \text{ cm} \leq 2.5 \text{ cm (OK)}$$



### 6.2.1.2 Kondisi Setelah Komposit

Pembebanan setelah komposit

- Beban Mati :

Berat sendiri profil WF	= 76 kg/m
Berat pelat bondek = $10.1 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m}$	= 30.3 kg/m <sup>2</sup>
Berat sendiri pelat beton = $0.1 \times 2400 \times 3$	= 720 kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi (2 cm) = $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 \times 3$	= 126 kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik = $1.24 \text{ kg/m}^2 \times 3$	= 3.72 kg/m <sup>2</sup>
Berat rangka+plafond = $(11+7) \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m}$	= 54 kg/m <sup>2</sup>
Berat ducting+plumbing = $10 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m}$	= 30 kg/m <sup>2</sup> +
	= 968,02 kg/m

- Beban Hidup :  
 $q_L = 200 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} = 600 \text{ kg/m}$
- Kombinasi Beban :  
 $q_U = 1,2 q_D + 1,6 q_L = 1,2 \times 968,02 + 1,6 \times 600 = 2121,62 \text{ kg/m}$

Pada kondisi setelah komposit, berdasarkan hasil SAP2000 v14.0.0 diperoleh gaya-gaya dalam maksimum sebagai berikut:

- M max (+) = 19409,97 kgm
- M max (-) = -27232,6 kgm
- V max = 10062,45 kg

### 6.2.1.3 Zona Momen Positif

- a. Kontrol kuat geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (tw).

$$\frac{h}{tw} = \frac{386}{14} = 27,57$$

$$1.1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

dimana  $k_n = 5$  untuk balok tanpa pengaku vertikal pelat badan, sehingga:

$$1.1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{tw} < 1.1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \Rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \Rightarrow A_w = d \times tw = 45 \times 0,9 = 40,5 \text{ cm}^2 \\ &= 0,6 \times 2500 \times 40,5 \\ &= 60750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat: } \Phi V_n \geq V_u \quad (\Phi = 0,9)$$

$$0,9 \times 60750 \geq 10062,45$$

$$54675 \geq 10062,45 \dots\dots \text{Ok!!}$$

b. Lebar Efektif (balok interior)

$$- b_{\text{eff}} \leq L/4 = 150 \text{ cm}$$

$$- b_{\text{eff}} \leq b_o = 600 \text{ cm}$$

dipakai  $b_{\text{eff}} = 150 \text{ cm}$

c. Kontrol kuat momen lentur:

- Tekuk Lokal (*local buckling*)

Badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{386}{14} = 27,57$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\Rightarrow \frac{h}{tw} \leq \lambda_p$$

Penampang Kompak !

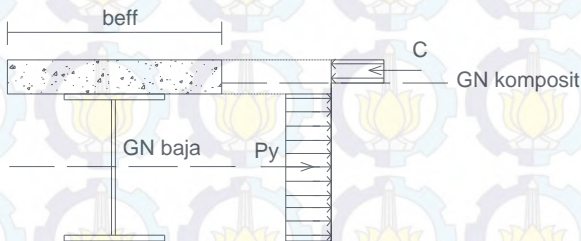
Karena profil penampang kompak, maka kekuatan lentur positif dapat dihitung menggunakan distribusi tegangan plastis.

### 6.2.1.3.1 Menentukan Gaya Tekan yang Terjadi pada Pelat

$$C = 0.85x f'_c \times t_{\text{plat}} \times b_{\text{eff}} = 0.85 \times 300 \times 10 \times 150 = 382500 \text{ kg}$$

$$P_y = A_s \times f_y = 96,8 \times 2500 = 242000 \text{ kg (menentukan)}$$

$P_y < C$ , maka garis netral plastis terletak di beton



**Gambar 6.1** Gaya yang terjadi pada balok komposit

### 6.2.1.3.2 Menentukan Jarak-dari Centroid Gaya yang Bekerja

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b_{\text{eff}}} = \frac{96,8 \times 2500}{0.85 \times 300 \times 150} = 6,33 \text{ cm}$$

$$d1 = h_r + t_b - a/2 = 5.3 + 4.7 - (6,33/2) = 6,835 \text{ cm}$$

$$d2 = 0 \text{ (Profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d3 = d/2 = 45/2 = 22,5 \text{ cm}$$

$$e = d1 + d2 + d3 = 6,835 + 0 + 22,5 = 29,335 \text{ cm}$$

### 6.2.1.3.3 Menghitung Kekuatan Nominal Penampang Komposit

$$M_n = P_y \times e$$

$$= (242000)(29,335)$$

$$= 7099070 \text{ kg.cm}$$

$$= 70990,7 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 70990,7 = 63891,63 \text{ kgm}$$

Syarat :  $\phi.Mn > Mu$

$$63891,63 \text{ kg.m} > 19409,97 \text{ kgm (OK)}$$

Kekuatan nominal penampang komposit lebih besar daripada momen akibat beban berfaktor, sehingga penampang mampu menahan beban yang terjadi.

#### 6.2.1.3.4 Menghitung Luasan Transformasi Beton ke Baja

$$Ec = 0.041xw_c^{1.5}x\sqrt{fc'} = 0.041x2400^{1.5}x\sqrt{30} = 26403.5 \text{ MPa}$$

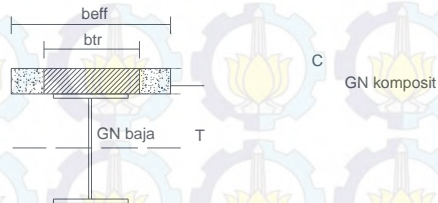
$$Es = 2x10^5 \text{ MPa}$$

$$b_{\text{eff}} = 150 \text{ cm}$$

$$n = \frac{Es}{Ec} = \frac{2x10^5}{26403.5} = 7.57$$

$$b_{tr} = \frac{b_{\text{eff}}}{n} = \frac{150}{7.57} = 19,81 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr}x t_b = 19,81x3.7 = 73,31 \text{ cm}$$



**Gambar 6.2** Lebar transformasi balok komposit

#### 6.2.1.3.5 Menentukan Letak Garis Netral

$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr}x t_b}{2} + \left( As \left( t_b + hr + \frac{d}{2} \right) \right)}{(A_{tr} + As)}$$

$$= \frac{\frac{73,31x3.7}{2} + \left( 96,8 \left( 10 + \frac{45}{2} \right) \right)}{(73,31 + 96,8)} = 18,73 \text{ cm}$$



### 6.2.1.3.6 Menentukan Nilai Momen Inersia Penampang Transformasi

$$I_{tr} = \frac{b_{tr}(t_b)^3}{12} + A_{tr}\left(Yna - \frac{t_b}{2}\right)^2 + Ix + As\left(\left(\frac{d}{2} + t_p\right) - Yna\right)^2$$

$$I_{tr} = \frac{19,81(4.7)^3}{12} + 73,31\left(18,73 - \frac{4.7}{2}\right)^2 + 33500 + 96,8\left(\left(\frac{45}{2} + 10\right) - 18,73\right)^2$$

$$= 70257,61 \text{ cm}^4$$

### 6.2.1.3.7 Kontrol Lendutan

Lendutan ijin  $\rightarrow f_{ijin} = \frac{L}{240}$  (Sumber: SNI 03-1729-2002  
Tabel 6.4 -1)

$$= \frac{600}{240} = 2,5 \text{ cm}$$

$$f^b = \left[ \frac{5}{384} \frac{(qD + qL)L^4}{E.I_{tr}} \right] = \frac{5}{384} \cdot \frac{(15.68) \times 600^4}{2 \times 10^6 \times 70257,61} = 0.18 \text{ cm}$$

Syarat:  $f^b \leq f_{ijin}$   
 $0.18 \text{ cm} \leq 2.5 \text{ cm (OK)}$

### 6.2.1.3.8 Kontrol Kuat Geser

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{386}{9} = 42,89 \\ \frac{1100}{\sqrt{f_y}} &= \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} (\text{plastis})$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (45 \times 0,9) \\ &= 60750 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}\phi V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 60750 \text{ kg} &\geq 10062,45 \text{ kg} \\ 54675 \text{ kg} &\geq 10062,45 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

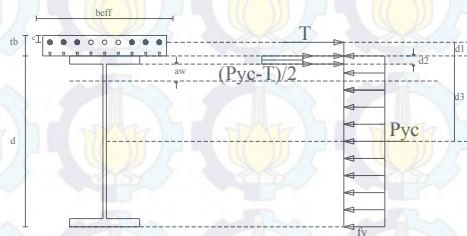
#### 6.2.1.4 Zona Momen Negatif

Batang tulangan menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton:

$$\begin{aligned}T &= n \times A_r \times f_{yr} \\ &= 10 \times (0,25 \times \pi \times 1,9^2) \times 2900 \\ &= 82223,33 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum dalam penampang baja:

$$\begin{aligned}P_{yc} &= A_s \times f_y \\ &= 96,8 \times 2500 \\ &= 242000 \text{ kg}\end{aligned}$$



**Gambar 6.3** Distribusi Tegangan Negatif Balok Induk Melintang

Karena  $P_{yc} > T$ , maka garis netral terletak pada profil baja, berlaku persamaan:

$$(P_{yc} - T)/2 = (242000 - 82223,33)/2 = 79888,34 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap:

$$T_f = b_f \times t_f \times f_y = 20 \times 1,4 \times 2500 = 70000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan:

$$T_w = [(P_{yc} - T)/2] - T_f = 79888,34 - 70000 = 9888,34 \text{ kg}$$

Jarak garis netral dari tepi bawah sayap:

$$a_w = \frac{T_w}{f_y \cdot t_w} = \frac{9888,34}{2500 \times 0,9} = 4,39 \text{ cm}$$

#### 6.2.1.4.1 Menentukan jarak – jarak dari centroid gaya – gaya yang bekerja

$$\begin{aligned} d_2 &= \frac{(T_f \times 0,5 \times t_f) + (T_w(t_f + 0,5 \times a_w))}{T_f + T_w} \\ &= \frac{(70000 \times 0,5 \times 1,4) + (9888,34(1,4 + 0,5 \times 4,39))}{70000 + 9888,34} = 1,06 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d_3 = d/2 = 45/2 = 22,5 \text{ cm}$$

$$d_1 = t_b - c = 10 - 2,5 = 7,5 \text{ cm}$$

Perhitungan momen negatif :

$$\begin{aligned} M_n &= T \cdot (d_1 + d_2) + P_{yc} \cdot (d_3 - d_2) \\ &= 82223,33 (7,5 + 1,06) + 242000 (22,5 - 1,06) \\ &= 5810088,45 \text{ kg.cm} \\ &= 58100,89 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat: } \Phi M_n \geq M_u \quad (\Phi = 0,85)$$

$$0,85 \times 58100,89 \geq 27232,6 \text{ kg m}$$

$$49385,75 \geq 27232,6 \quad (\text{OK})$$

#### 6.2.1.5 Perencanaan Penghubung Geser

Untuk penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud dengan :

$$d_s = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa} = 41 \text{ kg/mm}^2$$

$$E_c = 0,041 \times w_c^{1,5} \times \sqrt{f_c'} = 0,041 \times 2400^{1,5} \times \sqrt{30} = 26403,5 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f_c' \times E_c} = 0,5 \times 283,53 \times \sqrt{30 \times 26403,5} \\ &= 126171,23 \text{ N} = 12617,12 \text{ kg / stud} \end{aligned}$$

Syarat :

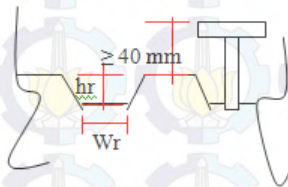
$$Q_n \leq A_{sc} \cdot x f_u$$

$$12617.12 \leq 283.52 \times 41$$

$$\text{Pakai } Q_n = 12617.12 \text{ kg/stud} > 11335.4 \text{ kg/stud}$$

### 6.2.1.6 Cek Koefisien Reduksi (rs)

Pada balok induk memanjang, pelat bondeks dipasang tegak lurus terhadap balok sehingga perlu dilakukan cek koefisien reduksi (rs).



**Gambar 6.4** Penampang bondeks

$$hr = 53 \text{ mm}$$

$$Hs = (hr + 40) \text{ mm} = 93 \text{ mm}$$

$$Wr = 200 \text{ mm}$$

$$Nr = 2 \text{ (dipasang 2 stud pada setiap gelombang)}$$

$$rs = \frac{0.85}{\sqrt{Nr}} \left( \frac{Wr}{hr} \right) \left( \frac{Hs}{hr} - 1 \right) \leq 1$$

$$rs = \frac{0.85}{\sqrt{2}} \left( \frac{200}{53} \right) \left( \frac{93}{53} - 1 \right) \leq 1$$

$$rs = 1.7118 \geq 1 \text{ .....dipakai } rs = 1$$

Jumlah stud untuk setengah bentang dimana *shear connector* dipasang 2 buah dalam satu baris:

$$N = \frac{P_y}{2Q_n \cdot rs} = \frac{242000}{(2)(11335.4)(1)} = 10.4088 \approx 11 \text{ pasang}$$

Jumlah shear connector stud yang dibutuhkan di sepanjang bentang balok =  $2 \times N = 2 \times 11 = 22$  buah



Jarak seragam (S) dengan stud pada masing – masing lokasi:

$$S = \frac{L}{N} = \frac{600}{11} = 54,54 \text{ cm}$$

Jarak maksimum =  $8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 10 = 80 \text{ cm}$

Jarak minimum =  $6 \times d = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$

Jadi shear connector dipasang sejarak 50 cm sebanyak 11 buah untuk maasing-masing bentang.

## 6.2.2 Perencanaan Balok Induk Memanjang

### 6.2.2.1 Kondisi Sebelum Komposit

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil SAP2000 v14.0.0 diperoleh gaya-gaya dalam maksimum sebagai berikut:

Bentang (L) = 6 m

M Momen max = 13469,57 kgm (lapangan)

= - 27774,44 kgm (tumpuan)

V max

= 11041,8 kg

Pembebanan Sebelum Komposit

Beban Mati

Berat pelat bondex

=  $10,1 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m}$  = 30.3 kg/m

Berat sendiri pelat beton

=  $0,1 \times 2400 \times 3$  = 720 kg/m

Berat sendiri profil WF

= 76 kg/m

= 826.3 kg/m

Berat ikatan (10%)

= 82.63 kg/m

$q_D = 908,93 \text{ kg/m}$

Kombinasi beban

$q_U = 1,4 q_D$

=  $1,4 \times 908,93$

= 1272,503 kg

Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{386}{9} = 42,89$$

$$\Rightarrow \frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{fy}} \Rightarrow \text{plastis}$$

$$\frac{1100}{\sqrt{fy}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times fy \times A_w \Rightarrow A_w = d \times tw = 45 \times 0,9 = 40,5 \text{ cm}^2 \\ &= 0,6 \times 2500 \times 40,5 \\ &= 60750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat: } \Phi V_n \geq V_u \quad (\Phi = 0,9)$$

$$0,9 \times 60750 \geq 11041,8$$

$$54675 \geq 11041,8 \text{ .....Ok!!}$$

d. Kontrol Kuat Momen Lentur

- Tekuk Lokal (*local buckling*)

Sayap:

$$\frac{bf}{2.tf} = \frac{200}{2 \times 14} = 10,167$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\Rightarrow \frac{bf}{2.tf} \leq \lambda_p$$

Badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{386}{9} = 42,89$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\Rightarrow \frac{h}{tw} \leq \lambda_p$$

Penampang Kompak !

- Tekuk Lateral (*lateral buckling*)

Jarak penahan lateral = 300 cm

Dari tabel profil untuk WF 450x200x9x14 dengan BJ 41, diperoleh:

$$L_p = 219,033 \text{ cm}$$

$$L_r = 641,818 \text{ cm}$$

Dengan demikian:  $L_p < L_b < L_r$  .....**Bentang Menengah**

$$M_y = S_x \cdot fy = 1490 \times 2500$$

$$= 3725000 \text{ kgcm} = 37250 \text{ kgm}$$

$$M_p = Z_x \cdot fy = 1621 \times 2500$$

$$= 4052500 \text{ kg.cm} = 40525 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} Mr &= Sx.fl = 1490 \times (2500-700) \\ &= 2682000 \text{ kg.cm} = 26820 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_A &= M_C = (Vux0.75) - \left( \frac{1}{2} xqux0.75^2 \right) \\ &= (5110,41x0.75) - \left( \frac{1}{2} x1272,5x0.75^2 \right) \\ &= 3474,92 \text{ kgm} = 347492 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= (Vux1.5) - \left( \frac{1}{2} xqux1.5^2 \right) \\ &= (5110,4x1.5) - \left( \frac{1}{2} x1272,5x1.5^2 \right) \\ &= 6234,052 \text{ kgm} = 623405,2 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,30$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 1557509}{2,5(1557509) + 3(347492) + 4(623405,02) + 3(347492)} = 2,29 \leq 2,3$$

$$Mn = Cb \left[ Mr + (Mp - Mr) \frac{(Lr - Lb)}{(Lr - Lp)} \right] \leq Mp$$

$$Mn = 2,29 \left[ 26820 + (40525 - 26820) \frac{(641,818 - 300)}{(641,818 - 219,033)} \right]$$

$$Mn = 86791,675 \text{ kgm} > Mp = 40525 \text{ kgm} \quad \dots \text{Pakai } Mn = Mp$$

$$\text{Syarat : } \Phi Mn \geq Mu \quad (\Phi = 0,9)$$

$$0,9 \times 40525 \geq 27774,44$$

$$36472,5 \geq 27774,44 \quad (\text{OK})$$

- e. Kontrol Lendutan  
Lendutan ijin:

$$f' = \frac{L}{240} = \frac{600}{240} = 2,5 \text{ cm}$$

$$f^0 = \left[ \frac{5}{384} \frac{(qD + qL)L^4}{E.Itr} \right] = \frac{5}{384} \cdot \frac{(9.08) \times 600^4}{2 \times 10^6 \times 33500} = 0.22 \text{ cm}$$

Syarat:  $f^0 \leq f_{ijin}$   
 $0.22 \text{ cm} \leq 2.5 \text{ cm (OK)}$

### 6.2.2.2 Kondisi Setelah Komposit

Pembebanan setelah komposit

- Beban Mati :

Berat sendiri profil WF = 76 kg/m

Berat pelat bondek =  $10.1 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m}$  = 30.3 kg/m<sup>2</sup>

Berat sendiri pelat beton =  $0.1 \times 2400 \times 3$  = 720 kg/m<sup>2</sup>

Berat spesi (2 cm) =  $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 \times 3$  = 126 kg/m<sup>2</sup>

Berat keramik =  $1.24 \text{ kg/m}^2 \times 3$  = 3.72 kg/m<sup>2</sup>

Berat rangka+plafond =  $(11+7) \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m}$  = 54 kg/m<sup>2</sup>

Berat ducting+plumbing =  $10 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m}$  = 30 kg/m<sup>2</sup> +  
 = 968,02 kg/m

- Beban Hidup :

$q_L = 250 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} = 750 \text{ kg/m}$

- Kombinasi Beban :

$q_U = 1,2 q_D + 1,6 q_L = 1,2 \times 968,02 + 1,6 \times 750 = 2448.024 \text{ kg/m}$

Pada kondisi setelah komposit, berdasarkan hasil SAP2000 v10.0.1 diperoleh gaya-gaya dalam maksimum sebagai berikut:

- M max (+) = 21784,26 kgm
- M max (-) = -29439,52 kgm
- V max = 12940,05 kg

### 6.2.2.3 Zona Momen Positif

- a. Kontrol kuat geser

Kuat geser balok tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (tw).



$$\frac{h}{tw} = \frac{386}{14} = 27,57$$

$$1.1 \sqrt{\frac{k_n E}{fy}}$$

dimana  $k_n = 5$  untuk balok tanpa pengaku vertikal pelat badan, sehingga:

$$1.1 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} = 69,57$$

$$\frac{h}{tw} < 1.1 \sqrt{\frac{k_n E}{fy}} \Rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times fy \times A_w \Rightarrow A_w = d \times tw = 45 \times 0,9 = 40,5 \text{ cm}^2 \\ &= 0,6 \times 2500 \times 40,5 \\ &= 60750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat: } \Phi V_n \geq V_u \quad (\Phi = 0,9)$$

$$0,9 \times 60750 \geq 12940,05$$

$$54675 \geq 12940,05 \dots \text{Ok!!}$$

b. Lebar Efektif (balok interior)

$$- b_{\text{eff}} \leq L/4 = 150 \text{ cm}$$

$$- b_{\text{eff}} \leq b_o = 300 \text{ cm}$$

dipakai  $b_{\text{eff}} = 150 \text{ cm}$

b. Kontrol kuat momen lentur:

- Tekuk Lokal (*local buckling*)

Badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{386}{9} = 42,89$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\Rightarrow \frac{h}{tw} \leq \lambda_p$$

### Penampang Kompak !

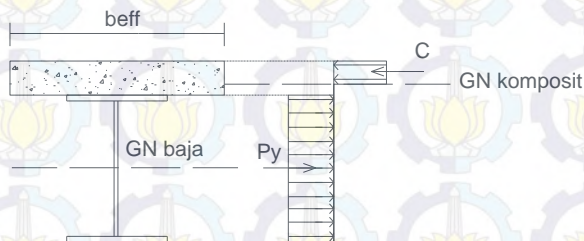
Karena profil penampang kompak, maka kekuatan lentur positif dapat dihitung menggunakan distribusi tegangan plastis.

#### 6.2.2.3.1 Menentukan Gaya Tekan yang Terjadi pada Pelat

$$C = 0.85x f_c' x t_{plat} x b_{eff} = 0.85 x 300 x 10 x 150 = 382500 \text{ kg}$$

$$P_y = A_s x f_y = 96,8 x 2500 = 242000 \text{ kg (menentukan)}$$

$P_y < C$ , maka garis netral plastis terletak di beton



**Gambar 6.5** Gaya yang terjadi pada balok komposit

#### 6.2.2.3.2 Menentukan Jarak-dari Centroid Gaya yang Bekerja

$$a = \frac{A_s x f_y}{0.85 x f_c' x b_{eff}} = \frac{96,8 x 2500}{0.85 x 300 x 150} = 6,33 \text{ cm}$$

$$d1 = h_r + t_b - a/2 = 5.3 + 4.7 - (6,33/2) = 6,835 \text{ cm}$$

$$d2 = 0 \text{ (Profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d3 = d/2 = 45/2 = 22,5 \text{ cm}$$

$$e = d1 + d2 + d3 = 6,835 + 0 + 22,5 = 29,335 \text{ cm}$$

#### 6.2.2.3.3 Menghitung Kekuatan Nominal Penampang Komposit

$$\begin{aligned} M_n &= P_y \times e \\ &= (242000)(29,335) \end{aligned}$$

$$= 7099070 \text{ kg.cm}$$

$$= 70990,7 \text{ kg.m}$$

$$\phi Mn = 0.9 \times 70990,7 = 63891,63 \text{ kgm}$$

$$\text{Syarat : } \phi Mn > Mu$$

$$63891,63 \text{ kg.m} > 21784,26 \text{ kgm (OK)}$$

Kekuatan nominal penampang komposit lebih besar daripada momen akibat beban berfaktor, sehingga penampang mampu menahan beban yang terjadi.

#### 6.2.2.3.4 Menghitung Luasan Transformasi Beton ke Baja

$$Ec = 0.041 x w_c^{1.5} x \sqrt{f'c} = 0.041 x 2400^{1.5} x \sqrt{30} = 26403.5 \text{ MPa}$$

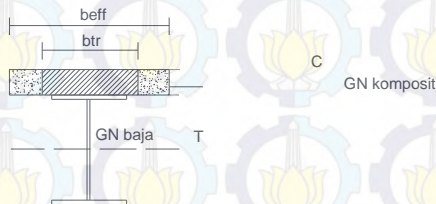
$$Es = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

$$b_{\text{eff}} = 150 \text{ cm}$$

$$n = \frac{Es}{Ec} = \frac{2 \times 10^5}{26403.5} = 7.57$$

$$b_{tr} = \frac{b_{\text{eff}}}{n} = \frac{150}{7.57} = 19,81 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \times t_b = 19,81 \times 3.7 = 73,31 \text{ cm}$$



**Gambar 6.6** Lebar transformasi balok komposit

### 6.2.2.3.5 Menentukan Letak Garis Netral

$$Y_{na} = \frac{\frac{A_{tr} \cdot x t_b}{2} + \left( A_s \left( t_b + h r + \frac{d}{2} \right) \right)}{(A_{tr} + A_s)}$$

$$= \frac{\frac{73,31 \times 3.7}{2} + \left( 96,8 \left( 10 + \frac{45}{2} \right) \right)}{(73,31 + 96,8)} = 18,73 \text{ cm}$$

### 6.2.2.3.6 Menentukan Nilai Momen Inersia Penampang Transformasi

$$I_{tr} = \frac{b_{tr} (t_b)^3}{12} + A_{tr} \left( Y_{na} - \frac{t_b}{2} \right)^2 + I_x + A_s \left( \left( \frac{d}{2} + t_p \right) - Y_{na} \right)^2$$

$$I_{tr} = \frac{19,81 (4.7)^3}{12} + 73,31 \left( 18,73 - \frac{4.7}{2} \right)^2 + 33500 + 96,8 \left( \left( \frac{45}{2} + 10 \right) - 18,73 \right)^2$$

$$= 70257,61 \text{ cm}^4$$

### 6.2.2.3.7 Kontrol Lendutan

Lendutan ijin  $\rightarrow f_{ijin} = \frac{L}{240}$  (Sumber: SNI 03-1729-2002  
Tabel 6.4 -1)

$$= \frac{600}{240} = 2,5 \text{ cm}$$

$$f^o = \left[ \frac{5}{384} \frac{(qD + qL) L^4}{E \cdot I_{tr}} \right] = \frac{5}{384} \cdot \frac{(15.68) \times 600^4}{2 \times 10^6 \times 70257,61} = 0.18 \text{ cm}$$

Syarat:  $f^o \leq f_{ijin}$

$$0.18 \text{ cm} \leq 2.5 \text{ cm (OK)}$$



### 6.2.2.3.8 Kontrol Kuat Geser

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_w} &= \frac{386}{9} = 42,89 \\ \frac{1100}{\sqrt{f_y}} &= \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \text{ (plastis)}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (45 \times 0,9) \\ &= 60750 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u \\ 0,9 \times 60750 \text{ kg} &\geq 12940,05 \text{ kg} \\ 54675 \text{ kg} &\geq 12940,05 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

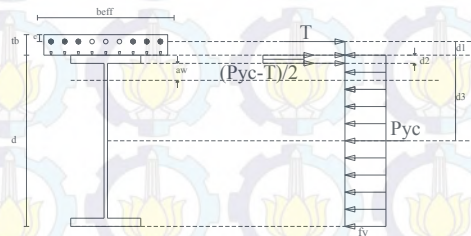
### 6.2.2.4 Zona Momen Negatif

Batang tulangan menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton:

$$\begin{aligned} T &= n \times A_r \times f_{yr} \\ &= 10 \times (0,25 \times \pi \times 1,9^2) \times 2900 \\ &= 82223,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum dalam penampang baja:

$$\begin{aligned} P_{yc} &= A_s \times f_y \\ &= 96,8 \times 2500 \\ &= 242000 \text{ kg} \end{aligned}$$



**Gambar 6.7** Distribusi Tegangan Negatif Balok Induk Melintang

Karena  $P_{yc} > T$ , maka garis netral terletak pada profil baja, berlaku persamaan:

$$(P_{yc} - T)/2 = (242000 - 82223,33)/2 = 79888,34 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap:

$$T_f = b_f \times t_f \times f_y = 20 \times 1.4 \times 2500 = 70000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan:

$$T_w = [(P_{yc} - T)/2] - T_f = 79888,34 - 70000 = 9888,34 \text{ kg}$$

Jarak garis netral dari tepi bawah sayap:

$$a_w = \frac{T_w}{f_y \cdot t_w} = \frac{9888,34}{2500 \times 0.9} = 4,39 \text{ cm}$$

#### 6.2.2.4.1 Menentukan jarak – jarak dari centroid gaya – gaya yang bekerja

$$\begin{aligned} d_2 &= \frac{(T_f \times 0.5 \times t_f) + (T_w(t_f + 0.5 \times a_w))}{T_f + T_w} \\ &= \frac{(70000 \times 0.5 \times 1.4) + (9888,34(1.4 + 0.5 \times 4,39))}{70000 + 9888,34} = 1,06 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d_3 = d/2 = 45/2 = 22.5 \text{ cm}$$

$$d_1 = t_b - c = 10 - 2.5 = 7.5 \text{ cm}$$

Perhitungan momen negatif :

$$\begin{aligned} M_n &= T \cdot (d_1 + d_2) + P_{yc} \cdot (d_3 - d_2) \\ &= 82223,33 (7.5 + 1.06) + 242000 (22.5 - 1.06) \\ &= 5810088,45 \text{ kg.cm} \\ &= 58100,89 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat: } \Phi M_n \geq M_u \quad (\Phi = 0,85)$$

$$0,85 \times 58100,89 \geq 29439,52$$

$$49385,75 \geq 29439,52 \text{ (OK)}$$

#### 6.2.2.5 Perencanaan Penghubung Geser

Untuk penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud dengan :

$$d_s = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa} = 41 \text{ kg/mm}^2$$

$$E_c = 0.041 \times w_c^{1.5} \times \sqrt{f_c'} = 0.041 \times 2400^{1.5} \times \sqrt{30} = 26403.5 \text{ MPa}$$

$$Q_n = 0.5 \times A_{sc} \times \sqrt{f_c' \times E_c} = 0.5 \times 283.53 \times \sqrt{30 \times 26403.5}$$

$$= 126171.23 \text{ N} = 12617.12 \text{ kg/stud}$$

Syarat :

$$Q_n \leq A_{sc} \times f_u$$

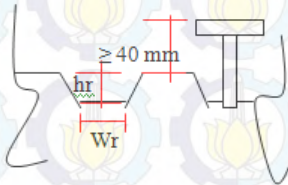
$$12617.12 \leq 283.52 \times 41$$

$$12617.12 \text{ kg/stud} > 11335.4 \text{ kg/stud}$$

Pakai  $Q_n = 11335.4 \text{ kg}$

#### 6.2.2.6 Cek Koefisien Reduksi (rs)

Pada balok induk memanjang, pelat bondeks dipasang tegak lurus terhadap balok sehingga perlu dilakukan cek koefisien reduksi (rs).



**Gambar 6.8** Penampang bondeks

$$h_r = 53 \text{ mm}$$

$$H_s = (h_r + 40) \text{ mm} = 93 \text{ mm}$$

$$W_r = 200 \text{ mm}$$

$$N_r = 2 \text{ (dipasang 2 stud pada setiap gelombang)}$$

$$r_s = \frac{0.85}{\sqrt{N_r}} \left( \frac{W_r}{h_r} \right) \left( \frac{H_s}{h_r} - 1 \right) \leq 1$$

$$rs = \frac{0.85}{\sqrt{2}} \left( \frac{200}{53} \right) \left( \frac{93}{53} - 1 \right) \leq 1$$

$rs = 1.65 \geq 1$  .....dipakai  $rs = 1$

Jumlah stud untuk setengah bentang dimana *shear connector* dipasang 2 buah dalam satu baris:

$$N = \frac{P_y}{2Qn_{rs}} = \frac{242000}{(2)(11335.4)(1)} = 10.67 \approx 11 \text{ pasang}$$

Jumlah *shear connector* stud yang dibutuhkan di sepanjang bentang balok =  $2 \times N = 2 \times 11 = 22$  buah

Jarak seragam (S) dengan stud pada masing – masing lokasi:

$$S = \frac{L}{N} = \frac{600}{11} = 54,54 \text{ cm}$$

Jarak maksimum =  $8 \times t_{\text{plat}} = 8 \times 10 = 80 \text{ cm}$

Jarak minimum =  $6 \times d = 6 \times 1.9 = 11.4 \text{ cm}$

Jadi *shear connector* dipasang sejarak 50 cm sebanyak 11 buah untuk masing-masing bentang.

### 6.3 Perencanaan Kolom Komposit

Dari hasil output *SAP2000 v14.0.0* diperoleh gaya-gaya dalam maksimum yang bekerja pada kolom adalah :

#### a. Tipe 1

Dari hasil output *SAP2000 v14.0.0* diperoleh gaya-gaya dalam maksimum yang bekerja pada kolom adalah :

$$\begin{aligned} P_u &= 318186,85 \text{ Kg} \\ M_{u_x} &= 25301,89 \text{ Kgm} \\ M_{u_y} &= 23741,37 \text{ Kgm} \end{aligned}$$



Kolom komposit direncanakan menggunakan profil K450x200x9x14 dengan data-data sebagai berikut :

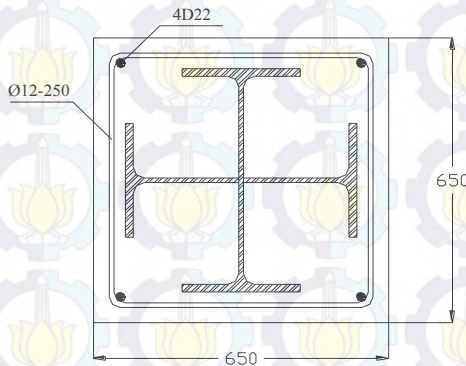
H	= 450 mm	I <sub>x</sub>	= 35370 cm <sup>4</sup>
B	= 200 mm	I <sub>y</sub>	= 36851 cm <sup>4</sup>
tw	= 9 mm	i <sub>x</sub>	= 13,52 cm
tf	= 14 mm	i <sub>y</sub>	= 13,52 cm
r	= 18 mm	S <sub>x</sub>	= 1572 cm <sup>3</sup>
As	= 193,52 cm <sup>2</sup>	S <sub>y</sub>	= 1605.07 cm <sup>3</sup>
W	= 152 kg/m		

Bahan :

BJ 41 :  $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Beton :  $f_c' = 30 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2$



**Gambar 6.9** Penampang Kolom Komposit

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \left( \left( \frac{1}{2} \cdot d \cdot tw \cdot \frac{1}{2} \cdot d \right) + (b - tw)(tf)(d - tf) \right) + \left( \left( \frac{1}{2} \cdot b \cdot tf \cdot \frac{1}{2} \cdot b \right) \cdot 2 + (d - 2tf) \left( \frac{1}{2} tw \right) \left( \frac{1}{2} tw \right) \right) \\
 &= \left( \left( \frac{1}{2} \cdot 45 \cdot 0.9 \cdot \frac{1}{4} \cdot 45 \right) + (20 - 0.9)(1.4)(45 - 1.4) \right) + \\
 &\quad \left( \left( \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 1.4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 20 \right) \cdot 2 + (45 - 2 \cdot 1.4) \left( \frac{1}{2} \cdot 0.9 \right) \left( \frac{1}{2} \cdot 0.9 \right) \right) \\
 &= 1910.03 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_y &= \left( \frac{1}{2} \cdot t_f \cdot b \cdot \frac{1}{2} \cdot b \right) \cdot 2 + (d - 2t_f) \cdot \frac{1}{2} t_w \cdot \frac{1}{2} t_w + \left( \frac{1}{2} (d + t_w) \cdot t_w \cdot \frac{1}{2} (d + t_w) + (b - t_w) \cdot t_f (d - t_f) \right) \\
 &= \left( \left( \frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot 20 \cdot \frac{1}{2} \cdot 20 \right) \cdot 2 + (45 - 2 \cdot 1,4) \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,9 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,9 \right) \\
 &\quad + \left( \frac{1}{2} (45 + 0,9) \cdot 0,9 \cdot \frac{1}{2} (45 + 0,9) + (20 - 0,9) \cdot 1,4 (45 - 1,4) \right) \\
 &= 1952,5 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Selubung beton : 650 x 650 mm<sup>2</sup>

$$A_c = 650 \times 650 = 422500 \text{ mm}^2$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Berat jenis beton : } w = 2400 \text{ kg/m}^3$$

Tulangan sengkang terpasang : Ø12 – 250

Tulangan utama : 4 D 22

$$A_r = 4 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \right) = 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = 650 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22 = 524 \text{ mm}$$

Cek luas penampang minimum profil baja :

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{193,52}{4225} = 0,0458 = 4,58\% > 4\% \quad \text{.....Ok!!}$$

Cek Jarak sengkang:

$$= 250 \text{ mm} < \frac{2}{3} \times 650 = 433,34 \text{ mm} \quad \text{.....Ok!!}$$

Cek luas tulangan longitudinal :

$$A_{st} = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,13 \text{ mm}^2 > 0,18 \times 524 = 94,32 \text{ mm}^2$$

Cek mutu beton yang digunakan : ( $f_c' = 30 \text{ MPa}$ )

$$21 \text{ Mpa} \leq f_c' \leq 55 \text{ Mpa} \quad \text{.....Ok!!}$$

Cek mutu baja tulangan : ( $f_{yr} = 250 \text{ MPa}$ )

$$f_{yr} < 380 \text{ Mpa} \quad \text{.....Ok!!}$$

Modifikasi tegangan leleh untuk kolom komposit

Luas total tulangan utama :

$$A_{ut} = A_r = 1520,53 \text{ mm}^2$$

Luas bersih penampang beton :

$$\begin{aligned} A_{cn} &= A_c - A_s - A_{ut} \\ &= 422500 - 19352 - 1520,53 \\ &= 401630 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk profil baja berselubung beton :

$$c_1 = 0,7$$

$$c_2 = 0,6$$

$$c_3 = 0,2$$

$$f_{my} = f_y + c_1 \cdot f_{yr} \frac{A_{ut}}{A_s} + c_2 \cdot f_c' \frac{A_{cn}}{A_s}$$

$$\begin{aligned} f_{my} &= 250 + 0,7 \times 250 \times \frac{1520,53}{19352} + 0,6 \times 30 \times \frac{401630}{19352} \\ &= 637,31 \text{ MPa} \end{aligned}$$

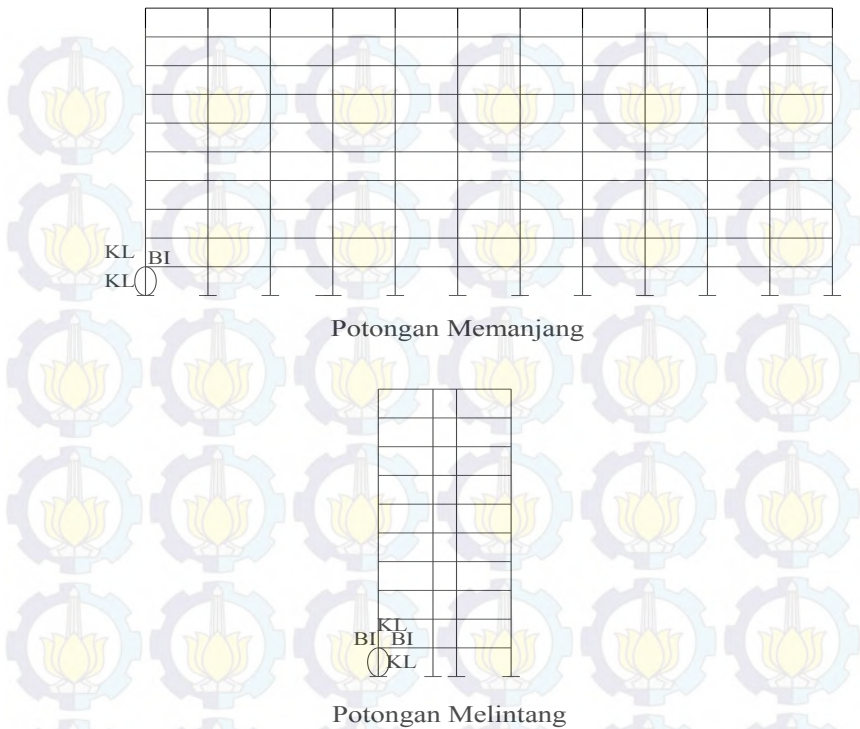
$$\begin{aligned} E_c &= 0,041 \times W_c^{1,5} \sqrt{f_c'} = 0,041 (2400)^{1,5} \sqrt{30} \\ &= 26403,5 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} E_m &= E + c_3 \times E_c \times (A_{cn}/A_s) \\ &= (2 \times 10^5) + 0,2 (26403,5) (401630/19352) \\ &= 309594 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Jari – jari girasi modifikasi (rm) :

$$r_m = 0,3 \times b = 0,3 \times 650 = 195 \text{ mm} > i_y \text{ (dipakai } r_m)$$



**Gambar 6.10** Portal Bangunan

Panjang efektif  $Kx$  dalam rangka bidang ditentukan dengan menggunakan faktor-faktor kekangan ( $G$ ).

Kolom: K 450x200x9x14

$$I_x = 35370 \text{ cm}^4 \quad i_x = 13,52 \text{ cm}$$

$$I_y = 36851 \text{ cm}^4 \quad i_y = 13,52 \text{ cm}$$

$$A_s = 193,52 \text{ cm}^2$$

Balok Induk: WF 450x200x9x14

$$I_x = 33500 \text{ cm}^4$$



Tekuk terhadap sumbu x:  $I_c = I_x$  kolom

$$G_A = \frac{\sum \left( \frac{I_x}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{I_x}{L} \right)_{balok}} = \frac{2x \left( \frac{49940}{360} \right)}{\left( \frac{33500}{600} \right)} = 4,9$$

$G_B = 1$  (Kolom dengan perletakan jepit)

Jenis rangka bergoyang sehingga dari nomogram didapatkan nilai :

$$K_{cx} = 1,7$$

$$L_{kx} = K_{cx} \cdot L = 1,7 \times 360 = 612 \text{ cm}$$

$$\lambda x = \frac{L_{kx}}{r_m} = \frac{612}{19.5} = 31.38 \text{ (menentukan)}$$

Tekuk terhadap sumbu y :  $I_c = I_y$  kolom

$$G_A = \frac{\sum \left( \frac{I_y}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{I_x}{L} \right)_{balok}} = \frac{2x \left( \frac{52189}{360} \right)}{\left( \frac{33500}{600} \right)} = 5.1$$

$G_B = 1$ ,

Jenis rangka bergoyang sehingga dari nomogram didapatkan nilai :

$$K_{cy} = 1,71$$

$$L_{ky} = k_{cy} \cdot L = 1,71 \times 360 = 615 \text{ cm}$$

$$\lambda y = \frac{L_{ky}}{r_m} = \frac{615}{19.5} = 31.56$$

$$\lambda c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}} = \frac{31.38}{\pi} \sqrt{\frac{685,75}{309594}} = 0,453$$

$$(0,25 < \lambda c < 1,2)$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67(0,453)} = 1,103$$

$$f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega} = \frac{685,75}{1,103} = 577,738 \text{ Mpa} = 5777,38 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat nominal kolom komposit :

$$P_n = A_s \cdot f_{cr} = 193,52 \text{ cm}^2 \cdot 5777,38 \text{ kg/cm}^2 = 1118038 \text{ kg}$$

Kuat rencana kolom komposit :

$$\Phi \cdot P_n = 0,85 \cdot 1118038 = 950332 \text{ kg}$$

Syarat :  $\Phi \cdot P_n > P_u$

$$950332 \text{ Kg} > 318186,85 \text{ Kg} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

Semua beban desain kolom ditopang oleh kolom komposit (terdiri dari profil baja dan beton).

Persyaratan luas minimum penampang beton yang menahan beban desain kolom adalah :

Kemampuan profil baja menahan beban :

$$\Phi \cdot P_{ns} = 0,85 \cdot A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot 193,52 \cdot 2500 = 411230 \text{ kg}$$

Kemampuan penampang beton menahan beban :

$$\begin{aligned} \Phi \cdot P_{nc} &= \Phi P_n - \Phi P_{ns} = 950332 - 411230 \\ &= 539102,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat yang harus dipenuhi untuk luas penampang beton :

$$\Phi \cdot P_{nc} \leq 1,7 \cdot \Phi \cdot f_c \cdot A_b$$

$$A_b \geq \frac{\phi \cdot P_{nc}}{1,7 \cdot \phi \cdot f_c} = \frac{539102,9}{1,7 \cdot 0,85 \cdot 300} = 1243,605 \text{ cm}^2$$

Luas penampang beton yang ada (Acn)

$$= 538139,47 \text{ cm}^2 > 1243,605 \text{ cm}^2 \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

Kuat nominal momen kolom menurut Smith:

$$M_{nc} = f_y Z + \frac{1}{3} (h_2 - 2Cr) A_r \cdot f_{yr} + \left( \frac{h_2}{2} - \frac{A_w \cdot f_y}{1,7 f_c' h_l} \right) A_w \cdot f_y$$

Dimana :

$$Cr = 40 + 12 + (0,5 \times 22) = 63 \text{ mm} = 6,3 \text{ cm}$$

$$Ar = 4 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \right) = 1520,53 \text{ mm}^2 = 15,2 \text{ cm}^2$$

$$Aw = (450 - 2 \times 14) \times 9 \times 2 = 7596 \text{ mm}^2 = 75,96 \text{ cm}^2$$

$$h_l = h_2 = 650 \text{ mm} = 65 \text{ cm}$$

$$Z_x = 1910,03 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 1942,50 \text{ cm}^3$$

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{yr} = 290 \text{ MPa} = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

Sehingga:

$$M_{nx} = f_y Z_x + \frac{1}{3} (h_2 - 2Cr) A_r \cdot f_{yr} + \left( \frac{h_2}{2} - \frac{A_w \cdot f_y}{1,7 f_c' h_l} \right) A_w \cdot f_y$$

$$\begin{aligned} M_{nx} &= 10522957 \text{ kg.cm} \\ &= 105229,57 \text{ kg m} \end{aligned}$$

$$M_{ny} = f_y Z_y + \frac{1}{3} (h_2 - 2Cr) A_r \cdot f_{yr} + \left( \frac{h_2}{2} - \frac{A_w \cdot f_y}{1,7 f_c' h_l} \right) A_w \cdot f_y$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= 10629141 \text{ kg.cm} \\ &= 106291,41 \text{ kg m} \end{aligned}$$

Kontrol interaksi :

$$\frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} = \frac{318186,85}{950332} = 0,334 \geq 0,2$$

Untuk  $\frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} \geq 0,2$ ....Digunakan rumus 1 pada SNI 03-1729

ps.12.5

$$\frac{Pu}{\phi.Pn} + \frac{8}{9} \left( \frac{Mux}{\phi.Mnx} + \frac{Muy}{\phi.Mny} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{318186,85}{950332} + \frac{8}{9} \left( \frac{25301,89}{0,9.105229,57} + \frac{23741,37}{0,9.106291,41} \right) \leq 1,0$$

$$= 0,79 < 1 \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

Jadi kolom komposit profil K 500x200x10x16 dengan selimut beton 75 cm x 75 cm dapat digunakan.

b. Kolom Tipe 2

$$Pu = 475749,32 \text{ Kg}$$

$$Mux = 42101.85 \text{ Kgm}$$

$$Muy = 37191,81 \text{ Kgm}$$

Kolom komposit direncanakan menggunakan profil K500x200x10x16 dengan data-data sebagai berikut :

H	= 500 mm	I <sub>x</sub>	= 49940 cm <sup>4</sup>
B	= 200 mm	I <sub>y</sub>	= 52189 cm <sup>4</sup>
tw	= 10 mm	i <sub>x</sub>	= 14,79 cm
tf	= 16 mm	i <sub>y</sub>	= 15,17 cm
r	= 20 mm	S <sub>x</sub>	= 1997,6 cm <sup>3</sup>
As	= 228,4 cm <sup>2</sup>	S <sub>y</sub>	= 2046,6 cm <sup>3</sup>
W	= 179,2 kg/m		

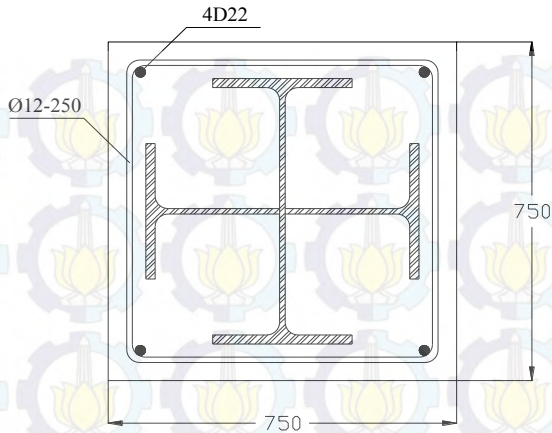
Bahan :

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 30 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2$$





**Gambar 6.11** Penampang Kolom Komposit

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \left( \left( \frac{1}{2} \cdot d \cdot tw \cdot \frac{1}{4} \cdot d \right) + (b - tw)(tf)(d - tf) + \left( \left( \frac{1}{2} \cdot b \cdot \right. \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \left. tf \cdot \frac{1}{2} \cdot b \right) \cdot 2 + (d - 2tf) \left( \frac{1}{2} tw \right) \left( \frac{1}{2} tw \right) \right) \\
 &= \left( \left( \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot 1 \cdot \frac{1}{4} \cdot 50 \right) + (20 - 1)(1,6)(50 - 1,6) \right) + \\
 &\quad \left( \left( \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 1,6 \cdot \frac{1}{2} \cdot 20 \right) \cdot 2 + (50 - 2 \cdot 1,6) \left( \frac{1}{2} \cdot 1 \right) \left( \frac{1}{2} \cdot 1 \right) \right) \\
 &= 2483,06 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_y &= \left( \left( \frac{1}{2} \cdot tf \cdot b \cdot \frac{1}{4} \cdot b \right) \cdot 2 + (d - 2tf) \cdot \frac{1}{2} tw \cdot \frac{1}{2} tw \right) + \\
 &\quad \left( \frac{1}{2} (d + tw) \cdot tw \cdot \frac{1}{2} (d + tw) + (b - tw) \cdot 2(d + tw - \right. \\
 &\quad \left. tf) \right) \\
 &= \left( \left( \frac{1}{2} \cdot 1,6 \cdot 20 \cdot \frac{1}{4} \cdot 20 \right) \cdot 2 + (50 - 2 \cdot 1,6) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \right) \\
 &\quad + \left( \frac{1}{2} (50 + 1) \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} (50 + 1) + (20 - 1) \cdot 2(50 + 1 - \right. \\
 &\quad \left. 1,6) \right) \\
 &= 2483,71 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Selubung beton : 750 x 750 mm<sup>2</sup>

Ac = 750 x 750 = 562500 mm<sup>2</sup>

fc' = 30 Mpa

Berat jenis beton :  $w = 2400 \text{ kg/m}^3$

Tulangan sengkang terpasang :  $\emptyset 12 - 250$

Tulangan utama : 4 D 22

$$A_r = 4 \times (\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2) = 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = 750 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22 = 624 \text{ mm}$$

Cek luas penampang minimum profil baja :

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{228,4}{5625} = 0,0406 = 4,06\% > 4\% \quad \text{.....Ok!!}$$

Cek Jarak sengkang:

$$= 250 \text{ mm} < \frac{2}{3} \times 750 = 500 \text{ mm} \quad \text{.....Ok!!}$$

Cek luas tulangan longitudinal :

$$A_{st} = \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 = 380,13 \text{ mm}^2 > 0,18 \times 624 = 112,32 \text{ mm}^2$$

Cek mutu beton yang digunakan : ( $f_c' = 30 \text{ MPa}$ )

$$21 \text{ Mpa} \leq f_c' \leq 55 \text{ Mpa} \quad \text{.....Ok!!}$$

Cek mutu baja tulangan : ( $f_y = 250 \text{ MPa}$ )

$$f_y < 380 \text{ Mpa} \quad \text{.....Ok!!}$$

Modifikasi tegangan leleh untuk kolom komposit

Luas total tulangan utama :

$$A_{ut} = A_r = 1520,53 \text{ mm}^2$$

Luas bersih penampang beton :

$$\begin{aligned} A_{cn} &= A_c - A_s - A_{ut} \\ &= 562500 - 22840 - 1520,53 \\ &= 538139,47 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk profil baja berselubung beton :

$$c_1 = 0,7$$

$$c_2 = 0,6$$

$$c_3 = 0,2$$

$$f_{my} = f_y + c_1 \cdot f_{yr} \frac{A_{ut}}{A_s} + c_2 \cdot f_c' \frac{A_{cn}}{A_s}$$

$$f_{my} = 250 + 0,7 \times 250 \times \frac{1520,53}{22840} + 0,6 \times 30 \times \frac{538139,47}{22840}$$

$$= 685,75 \text{ MPa}$$

$$Ec = 0,041 \times Wc^{1,5} \sqrt{f_c'} = 0,041 (2400)^{1,5} \sqrt{30}$$

$$= 26403,5 \text{ Mpa}$$

$$Es = 2 \times 10^5 \text{ Mpa}$$

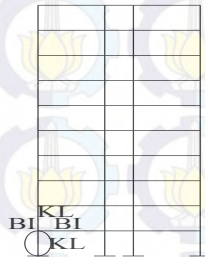
$$Em = E + c_3 \times Ec \times (A_{cn}/A_s)$$

$$= (2 \times 10^5) + 0,2 (26403,5) (538139,47 / 22840)$$

$$= 324420 \text{ Mpa}$$

Jari – jari girasi modifikasi (rm) :

$$rm = 0,3 \times b = 0,3 \times 750 = 225 \text{ mm} > iy \text{ (dipakai rm)}$$



**Gambar 6.12 Portal Bangunan**

Panjang efektif  $K_x$  dalam rangka bidang ditentukan dengan menggunakan faktor-faktor kekangan ( $G$ ).

Kolom: K 500x200x10x16

$$I_x = 49940 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 52189 \text{ cm}^4$$

$$A_s = 228,4 \text{ cm}^2$$

$$i_x = 14,79 \text{ cm}$$

$$i_y = 15,17 \text{ cm}$$

Balok Induk: WF 450x200x9x14

$$I_x = 33500 \text{ cm}^4$$

Tekuk terhadap sumbu x:  $I_c = I_x \text{ kolom}$



$$G_A = \frac{\sum \left( \frac{Ix}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{Ix}{L} \right)_{balok}} = \frac{2x \left( \frac{49940}{360} \right)}{2x \left( \frac{33500}{600} \right)} = 2,5$$

$G_B = 1$  (Kolom dengan perletakan jepit)

Jenis rangka bergoyang sehingga dari nomogram didapatkan nilai :

$$K_{cx} = 1,7$$

$$Lkx = K_{cx} \cdot L = 1,7 \times 360 = 543,6 \text{ cm}$$

$$\lambda x = \frac{Lkx}{r_m} = \frac{543,6}{22,5} = 24,16 \text{ (menentukan)}$$

Tekuk terhadap sumbu y :  $I_c = I_y$  kolom

$$G_A = \frac{\sum \left( \frac{Iy}{L} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{Ix}{L} \right)_{balok}} = \frac{2x \left( \frac{52189}{360} \right)}{\left( \frac{33500}{600} \right)} = 4,9$$

$G_B = 1$ ,

Jenis rangka bergoyang sehingga dari nomogram didapatkan nilai :

$$K_{cy} = 1,52$$

$$Lky = k_{cy} \cdot L = 1,52 \times 360 = 547,2 \text{ cm}$$

$$\lambda y = \frac{Lky}{r_m} = \frac{547,2}{22,5} = 24,32$$

$$\lambda c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}} = \frac{24,16}{\pi} \sqrt{\frac{685,75}{324420}} = 0,376$$

$$(0,25 < \lambda c < 1,2)$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67(0,376)} = 1,06$$

$$f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega} = \frac{685,75}{1,06} = 646,934 \text{ Mpa} = 6469,34 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat nominal kolom komposit :

$$P_n = A_s \cdot f_{cr} = 228,4 \cdot 6469,34 \text{ kg/cm}^2 = 1477597 \text{ kg}$$

Kuat rencana kolom komposit :

$$\Phi \cdot P_n = 0,85 \cdot 1477597 = 1255958 \text{ kg}$$

Syarat :

$$\Phi \cdot P_n > P_u$$

$$1255958 \text{ Kg} > 475749,32 \text{ Kg} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Semua beban desain kolom ditopang oleh kolom komposit (terdiri dari profil baja dan beton).

Persyaratan luas minimum penampang beton yang menahan beban desain kolom adalah :

Kemampuan profil baja menahan beban :

$$\Phi \cdot P_{ns} = 0,85 \cdot A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot 228,4 \cdot 2500 = 485350 \text{ kg}$$

Kemampuan penampang beton menahan beban :

$$\begin{aligned} \Phi \cdot P_{nc} &= \Phi P_n - \Phi P_{ns} = 1255958 - 485350 \\ &= 770607,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat yang harus dipenuhi untuk luas penampang beton :

$$\Phi \cdot P_{nc} \leq 1,7 \cdot \Phi \cdot f_c \cdot A_b$$

$$A_b \geq \frac{\phi \cdot P_{nc}}{1,7 \cdot \phi \cdot f_c} = \frac{770607,7}{1,7 \cdot 0,85 \cdot 300} = 1777,642 \text{ cm}^2$$

Luas penampang beton yang ada (Acn)

$$= 538139,47 \text{ cm}^2 > 1777,642 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Kuat nominal momen kolom menurut Smith:

$$M_{nc} = f_y Z + \frac{1}{3} (h_2 - 2Cr) Ar \cdot f_{yr} + \left( \frac{h_2}{2} - \frac{Aw \cdot f_y}{1,7 f_c' h_1} \right) Aw \cdot f_y$$

Dimana :

$$Cr = 40 + 12 + (0,5 \times 22) = 63 \text{ mm} = 6,3 \text{ cm}$$

$$Ar = 4 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 22^2 \right) = 1520,53 \text{ mm}^2 = 15,2 \text{ cm}^2$$

$$Aw = (500 - 2 \times 16) \times 10 \times 2 = 9360 \text{ mm}^2 = 93,6 \text{ cm}^2$$

$$h_1 = h_2 = 750 \text{ mm} = 75 \text{ cm}$$

$$Z_x = 2595,56 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 2777,15 \text{ cm}^3$$

$$f_y = 250 \text{ MPa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{yr} = 290 \text{ MPa} = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

Sehingga:

$$M_{nx} = f_y Z_x + \frac{1}{3} (h_2 - 2Cr) Ar \cdot f_{yr} + \left( \frac{h_2}{2} - \frac{Aw \cdot f_y}{1,7 f_c' h_1} \right) Aw \cdot f_y$$

$$M_{nx} = 6070150 + 790676,04 + 7343470,6$$

$$M_{nx} = 142040 \text{ kg.m}$$

$$M_{ny} = f_y Z_y + \frac{1}{3} (h_2 - 2Cr) Ar \cdot f_{yr} + \left( \frac{h_2}{2} - \frac{Aw \cdot f_y}{1,7 f_c' h_1} \right) Aw \cdot f_y$$

$$M_{ny} = 6029275 + 916864 + 7343470,6$$

$$M_{ny} = 143430 \text{ kg m}$$

Kontrol interaksi :

$$\frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} = \frac{475749,32}{1255958} = 0,37 \geq 0,2$$

Untuk  $\frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} \geq 0,2$ ....Digunakan rumus 1 pada SNI 03-1729

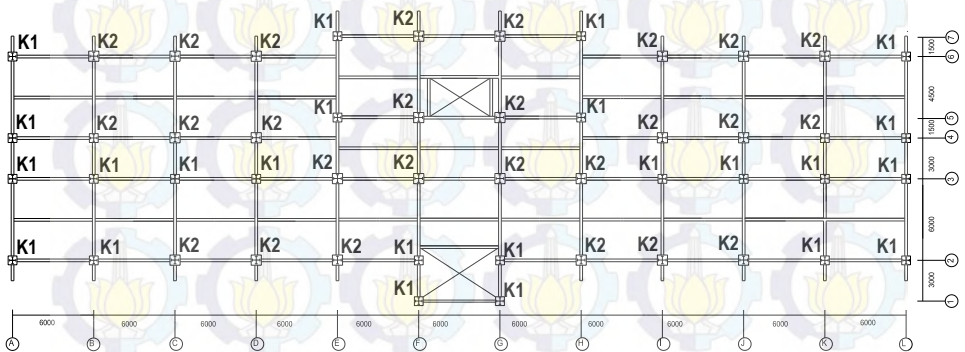
ps.12.5

$$\frac{Pu}{\phi.Pn} + \frac{8}{9} \left( \frac{Mux}{\phi.Mnx} + \frac{Muy}{\phi.Mny} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{475749,32}{1255958} + \frac{8}{9} \left( \frac{42101,85}{0,9.147492,5} + \frac{37191,81}{0,9.152032,1} \right) \leq 1,0$$

$$= 0,90 < 1 \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

Jadi kolom komposit profil K 500x200x10x16 dengan selimut beton 75 cm x 75 cm dapat digunakan.



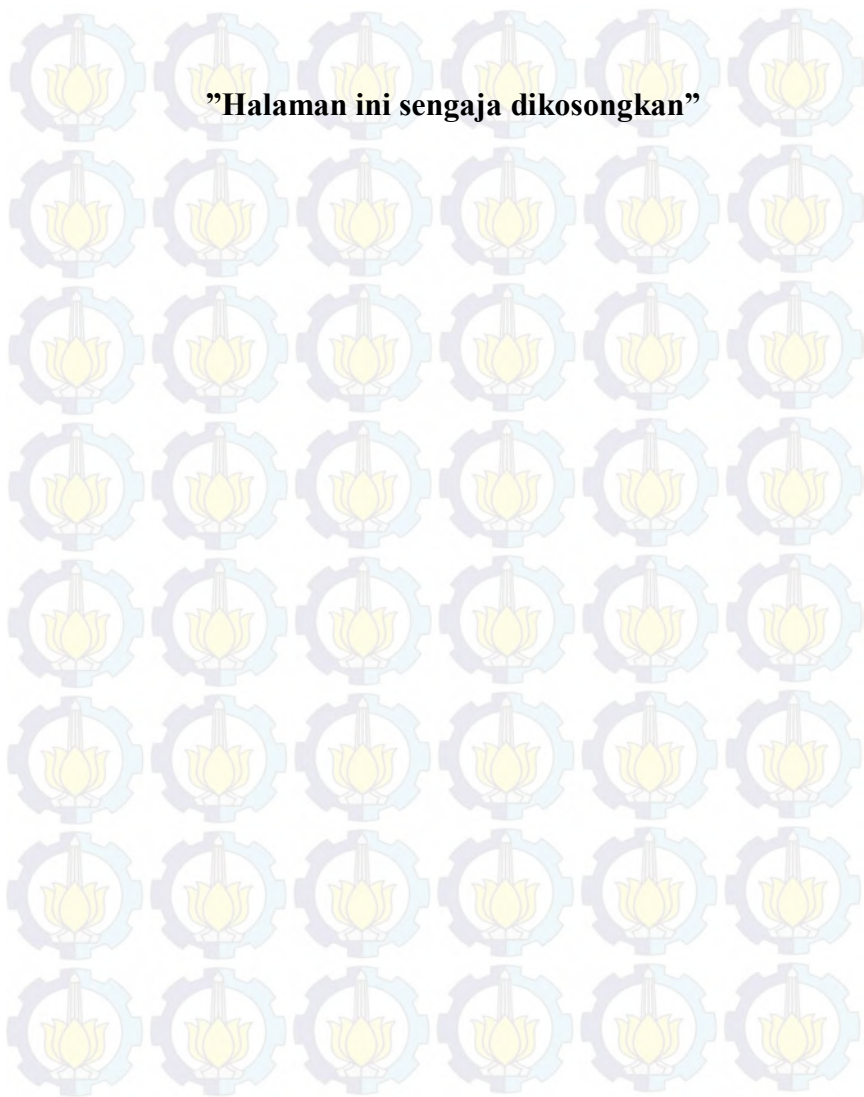
**Gambar 6.13** Denah Tipe Kolom



Tabel 6.1 Profil Kolom yang Digunakan Per Lantai

LANTAI	K1				K2			
	PROFIL	LEBAR KOLOM (mm)	TULANGAN	SENGKANG	PROFIL	LEBAR KOLOM (mm)	TULANGAN	SENGKANG
1 - 5	KC 450 x 200 x 9 x 14	650 x 650	4 D 22	Ø12 - 250	KC 500 x 200 x 10 x 16	750 x 750	4 D 22	Ø12 - 250
6 - 10	KC 400 x 200 x 8 x 13	550 x 550	4 D 22	Ø12 - 250	KC 450 x 200 x 9 x 14	650 x 650	4 D 22	Ø12 - 251
11 - 15	KC 350 x 175 x 7 x 11	450 x 450	4 D 22	Ø12 - 250	KC 400 x 200 x 8 x 13	550 x 550	4 D 22	Ø12 - 252

**"Halaman ini sengaja dikosongkan"**



## BAB VII

### PERENCANAAN SAMBUNGAN

#### 7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan ini direncanakan sebagai *simple connection* karena balok anak diasumsikan terletak pada tumpuan sederhana. Sambungan menggunakan baut dan pelat siku sebagai penyambung, dengan data-data sebagai berikut :

Balok anak : WF 300 x 200 x 8 x 12

Balok induk : WF 450 x 200 x 9 x 14

$V_u = 5712,95$  kg

Baut tipe tumpu (ulir pada bidang geser) :

$\varnothing 16$  mm ;  $A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 1,6^2 = 2,01$  cm<sup>2</sup>

BJ 55 ;  $f_u = 5500$  kg/cm<sup>2</sup> ;  $f_y = 4100$  kg/cm<sup>2</sup>

Pelat penyambung : (double siku)

L70x70x7

BJ 50 ;  $f_u = 5000$  kg/cm<sup>2</sup> ;  $f_y = 2900$  kg/cm<sup>2</sup>

a. Sambungan pada badan balok anak

Kuat geser :

$$\begin{aligned}\varnothing V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 5500 \times 2,01 \times 2 \\ &= 6633 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 5000 \\ &= 10080 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = V_u / \varnothing V_n = 5712,95 / 6633 = 0.86 \approx 2 \text{ buah}$$

$$n\varnothing V_n \geq V_u$$

$$2 \times 6633 \geq 5712,95$$

$$11326 > 5712,95 \text{ (OK)}$$



Kontrol jarak baut :

Jarak tepi : (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm  
 = 24 mm s/d 102,8 mm  
 Pakai S1 = 35 mm

(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm  
 = 20 mm s/d 84 mm  
 Pakai S2 = 30 mm

Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
 = 48 mm s/d 105 mm  
 Pakai S = 60 mm

b. Sambungan pada badan balok induk

Kuat geser :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 5500 \times 2,01 \times 1 \\ &= 3316,5 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times db \times tp \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 5000 \\ &= 10080 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = V_u / \phi V_n = 5712,95 / 3316,5 = 1,78 \approx 2 \text{ buah}$$

dipasang 2 buah pada masing – masing pelat siku penyambung.

$$\begin{aligned}n\phi V_n &\geq V_u \\ 2 \times 3316,5 &\geq 5712,95 \\ 6633 &> 5712,95 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Kontrol jarak baut :

Jarak tepi : (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm  
 = 24 mm s/d 102,8 mm  
 Pakai S1 = 35 mm



(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm

= 20 mm s/d 84 mm

Pakai S2 = 30 mm

Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm

= 48 mm s/d 105 mm

Pakai S = 60 mm

c. Kontrol kekuatan pelat siku

Diameter perlemahan (dengan bor) :

$d1 = 16 + 1,5 = 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$

$L = 2 \times S1 + S = 2 \times 35 + 60 = 130 \text{ mm} = 13 \text{ cm}$

Kuat geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_L$$

$$= (L - n \times d1) \times t_L$$

$$= (13 - 2 \times 1,75) \times 0,7$$

$$= 6,65 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana (karena ada 2 siku)

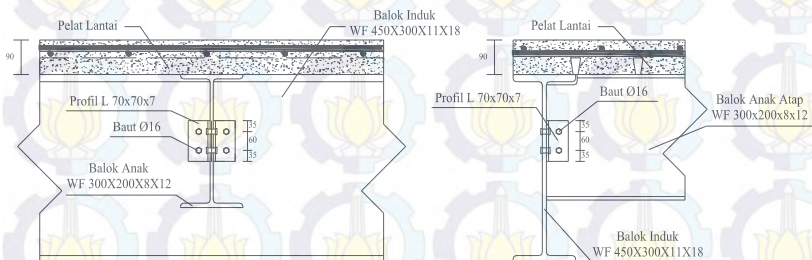
$$2\phi V_n = 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv})$$

$$= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 5000 \times 6,65)$$

$$= 29925 \text{ kg}$$

$$2\phi V_n \geq V_u$$

$$29925 > 5712,95 \text{ (OK)}$$



**Gambar 7.1** Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk

## 7.2 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

### 7.2.1 Sambungan Balok Induk Melintang dengan Kolom

Sesuai SNI 03-1729-2002 pasal 15.9.2 dikatakan bahwa untuk sambungan balok ke kolom harus menggunakan las atau baut mutu tinggi. Bila digunakan sambungan kaku yang merupakan bagian dari sistem pemikul beban gempa harus mempunyai kuat lentur perlu Mu yang besarnya paling tidak sama dengan yang terkecil dari :

- a)  $1.1 R_y M_p$  balok atau gelagar, atau
- b) Momen terbesar yang dapat disalurkan oleh sistem rangka pada titik tersebut.

Pada sambungan kaku, gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1.2D + 0.5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari Mu seperti yang sudah disebutkan diatas.

$$\begin{aligned} Mu &= 1,1 \times R_y \times M_p \\ &= 1,1 \times 1,5 \times (1621 \times 2500) \\ &= 6686625 \text{ kgcm} \\ &= 66866,25 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$V_u$  akibat kombinasi  $1,2D + 0,5 L$  :

$$V_{u1} = 6712,43 \text{ kg}$$

$V_u$  akibat Mu :

$$\begin{aligned} V_{u2} &= (2/6) \times Mu = (2/6) \times 66866,25 \\ &= 22288,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

$V_u$  total :

$$\begin{aligned} V_u &= 6712,43 \text{ kg} + 22288,75 \text{ kg} \\ &= 29001,18 \text{ kg} \end{aligned}$$

Profil dari balok induk dan kolom yang akan disambung adalah sebagai berikut :

Balok induk = WF 450 x 200 x 9 x 14

Kolom = K 500 x 200 x 10 x 16

### Akibat beban geser Pu

#### a. Alat penyambung

Baut tipe A490 (tanpa ulir pada bidang geser) :

$$f_u = 150 \text{ ksi} = 150/1 \times 70,3 \text{ kg/cm}^2 = 10545 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing 22 \text{ mm} ; A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 = 3,80 \text{ cm}^2$$

Pelat penyambung : (2 siku)

L 100x100x10

$$\text{BJ 50} ; f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2 ; f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

#### b. Sambungan pada badan balok induk

Kuat geser :

$$\begin{aligned} \varnothing V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 3,8 \times 2 \\ &= 30053.25 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned} \varnothing R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1 \times 5000 \\ &= 19800 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = V_u / \varnothing V_n = 29001,18 / 19800 = 1.46 \approx 2 \text{ buah}$$

$$n \varnothing V_n \geq V_u$$

$$2 \times 19800 \geq 29001,18$$

$$39600 > 29001,18 \text{ (OK)}$$

Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi : (S1)} = 1,5 d_b \text{ s/d } (4 t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 33 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 80 \text{ mm}$$

$$\text{(S2)} = 1,25 d_b \text{ s/d } 12 t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 27,5 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S2} = 40 \text{ mm}$$

Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
 = 66 mm s/d 150 mm  
 Pakai S = 80 mm

c. Sambungan pada sayap kolom

Kuat geser :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 3,8 \times 1 \\ &= 15026,62 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1 \times 5000 \\ &= 19800 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$n = V_u / \phi V_n = 29001,18 / 15026,62 = 1,92 \approx 3$  buah  
 dipasang 3 buah pada masing – masing pelat siku penyambung.

$$3\phi V_n \geq V_u$$

$$3 \times 15026,62 \geq 29001,18$$

$$45079,86 > 29001,18 \text{ (OK)}$$

Kontrol jarak baut :

Jarak tepi : (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm  
 = 33 mm s/d 140 mm  
 Pakai S1 = 40 mm

(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm  
 = 27,5 mm s/d 120 mm  
 Pakai S2 = 40 mm

Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
 = 66 mm s/d 150 mm  
 Pakai S = 80 mm

d. Kontrol kekuatan pelat siku

Diameter perlemahan (dengan bor) :



$$d1 = 22 + 1,5 = 23,5 \text{ mm} = 2,35 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + S = 2 \times 40 + 80 = 160 \text{ mm} = 16 \text{ cm}$$

Kuat geser

$$\begin{aligned} An_v &= L n_v \times t_L \\ &= (L - n \times d1) \times t_L \\ &= (16 - 2 \times 2,35) \times 1 \\ &= 11,3 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

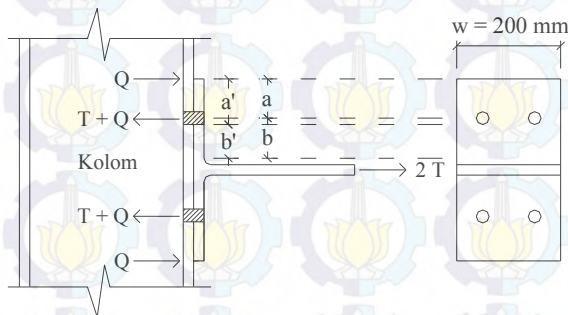
Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times An_v) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 5000 \times 11,3) \\ &= 50850 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$2\phi V_n \geq V_u$$

$$50850 > 29001,18 \text{ (OK)}$$

**Akibat beban Mu**



**Gambar 7.2** Gaya – Gaya yang Bekerja pada Profil T untuk Sambungan Balok Induk Melintang dengan Kolom Bawah

e. Alat penyambung

Baut tipe A490 (tanpa ulir pada bidang geser) :

$$f_u = 150 \text{ ksi} = 150/1 \times 70,3 \text{ kg/cm}^2 = 10545 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi 30 \text{ mm} ; Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times 3^2 = 7,068 \text{ cm}^2$$

$$\phi 33 \text{ mm} ; Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times 3,3^2 = 8,552 \text{ cm}^2$$

Potongan Profil T 400x400x30x50 dengan data – data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} d &= 229 \text{ mm} & t_w &= 30 \text{ mm} \\ b_f &= 417 \text{ mm} & t_f &= 50 \text{ mm} \\ r &= 22 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$BJ 55 ; f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2 ; f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

f. Sambungan pada sayap Potongan Profil T 400x400x30x50 dengan sayap kolom

Gaya tarik akibat momen :

$$2T = \frac{M_u}{d_{balok}}$$

$$T = \frac{M_u}{2xd_{balok}} = \frac{66866,25}{2 \times 0,45} = 74295,84 \text{ kg}$$

Kekuatan tarik nominal dari baut (pakai baut Ø30mm) :

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times 0,75 \times f_u \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 10545 \times 7,068 \\ &= 41924,28 \text{ kg} \end{aligned}$$

Bila digunakan 2 baut dalam 1 baris :

$$\begin{aligned} B &= 2 \times \phi T_n \\ &= 2 \times 41924,28 \\ &= 83848,56 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$B > T$$

$$83848,56 > 74295,84 \text{ (OK)}$$

$$\text{Kuat tarik 1 baut (B)} = \frac{83848,56}{2} = 41924,28 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan profil T 400x400x30x50 maka :

$$\begin{aligned} c &= r + 0,5t_w = 22 + 0,5 \times 30 = 37 \text{ mm} \\ a + b &= 0,5b_f - c = 0,5 \times 417 - 37 = 171,5 \text{ mm} \\ b &= 77,5 \text{ mm (direncanakan)} \\ a &= 171,5 - 77,5 = 94 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat menurut Kulak, Fisher dan Struik :  $a \leq 1,25b$

$$a' = a + 0,5 \times \emptyset_{\text{baut}} = 94 + 0,5 \times 30 = 109 \text{ mm}$$

$$b' = b - 0,5 \times \emptyset_{\text{baut}} = 77,5 - 0,5 \times 30 = 62,5 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{\left(w - \sum \phi_{\text{lubang}}\right)}{w} = \frac{200 - 2(30 + 1,5)}{200} = 0,685$$

$$\beta = \left(\frac{B}{T} - 1\right) \left(\frac{a'}{b'}\right) = \left(\frac{83848,56}{71347,81} - 1\right) \left(\frac{109}{62,5}\right) = 0.30$$

Karena  $\beta < 1$ , maka  $\alpha = 0.30$

Maka :

$$Q = T \left( \frac{\alpha \delta}{1 + \alpha \delta} \right) \left( \frac{b'}{a'} \right) = 74295,84 \left( \frac{0,3 \times 0,685}{1 + 0,3 \times 0,685} \right) \left( \frac{62,5}{109} \right) \\ = 7915,7 \text{ kg}$$

Gaya pada baut :

$$T + Q \leq B \\ 74295,84 + 7915,7 \leq 83848,56 \\ 82211,54 < 83848,56 \quad (\text{OK})$$

Momen pada flens profil T

$$M1 = \frac{T.b'}{1 + \alpha \delta} = \frac{74954,8 \times 0,0625}{1 + 0,3 \times 0,685} = 3886,08 \text{ kgm}$$

$$\phi Mn = \phi.Mp_{\text{flens}} = \phi.Z.fy = \phi \frac{1}{4} w.t.f^2 x fy \\ = 0,9 \times \frac{1}{4} \times 20 \times 5^2 \times 4100 = 461250 \text{ kgcm}$$

$$= 4612,5 \text{ kgm}$$

$$M1 \leq \emptyset Mn$$

$$3886,08 < 4612,5$$

..... Ok

Tebal flens profil T

$$t_f \geq \sqrt{\frac{4.T.b'}{\phi.w.f_y.(1+\alpha\delta)}} = \sqrt{\frac{4 \times 74954,8 \times 6,25}{0,9 \times 20 \times 4100 \times (1+0,3 \times 0,685)}}$$

$$t_f \geq 4,58 \text{ cm}$$

$$5 \text{ cm} \geq 4,58 \text{ cm (OK)}$$

g. Sambungan pada badan profil T dengan sayap balok  
Kekuatan baut (pakai baut Ø33mm)

Kuat geser :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 8,552 \times 1 \\ &= 33817,81 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3,3 \times 1,2 \times 5500 \\ &= 39204 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = 2T / \phi V_n = 142695,62 / 33817,81 = 4,21 \approx \text{dipasang 6 buah}$$

Dipasang 3 baris baut, dimana dalam 1 baris ada 2 baut.

$$n\phi V_n \geq V_u$$

$$6 \times 33817,81 \geq 29001,18$$

$$202906,86 > 29001,18 \text{ (OK)}$$

Kekuatan badan profil T

Badan profil T sebagai batang tarik :

$$A_g = w \times t_w = 20 \times 3 = 60 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - \sum d' \times t_w \\ &= 60 - 3 \times (3,3 + 0,15) \times 3 = 39,3 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kontrol leleh :

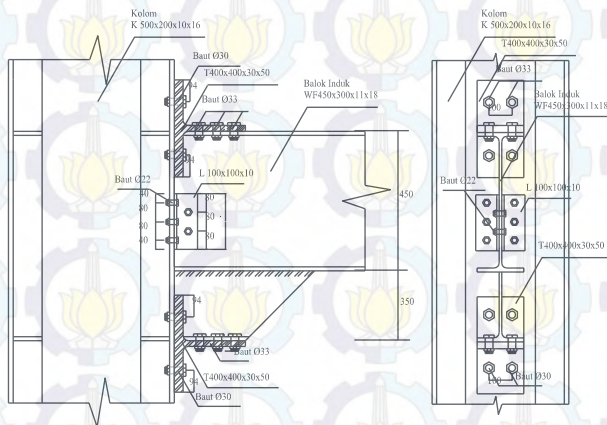
$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times A_g \times f_y \geq 2T \\ &= 0,9 \times 60 \times 4100 \geq 149909,6\end{aligned}$$



$$= 221400 \text{ kg} > 149909,6 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol putus :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times A_n \times f_u \geq 2T \\ &= 0,75 \times 60 \times 5500 \geq 149909,6 \\ &= 247500 \text{ kg} > 149909,6 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$



**Gambar 7.3** Sambungan Balok Induk Melintang dengan Kolom

### 7.2.2 Sambungan Balok Induk Memanjang dengan Kolom

Sesuai SNI 03-1729-2002 pasal 15.9.2 dikatakan bahwa untuk sambungan balok ke kolom harus menggunakan las atau baut mutu tinggi. Bila digunakan sambungan kaku yang merupakan bagian dari sistem pemikul beban gempa harus mempunyai kuat lentur perlu Mu yang besarnya paling tidak sama dengan yang terkecil dari :

- 1.1  $R_y M_p$  balok atau gelagar, atau
- Momen terbesar yang dapat disalurkan oleh sistem rangka pada titik tersebut.

Pada sambungan kaku, gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1.2D + 0.5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$  seperti yang sudah disebutkan diatas.

$$\begin{aligned} M_u &= 1,1 \times R_y \times M_p \\ &= 1,1 \times 1,5 \times (1621 \times 2500) \\ &= 6686625 \text{ kgcm} \\ &= 66866,25 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$V_u$  akibat kombinasi  $1,2D + 0,5 L$  :

$$V_{u1} = 6009,4 \text{ kg}$$

$V_u$  akibat  $M_u$  :

$$\begin{aligned} V_{u2} &= (2/6) \times M_u = (2/6) \times 66866,25 \\ &= 22288,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

$V_u$  total :

$$\begin{aligned} V_u &= 6009,4 \text{ kg} + 22288,75 \text{ kg} \\ &= 28298,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

Profil dari balok induk dan kolom yang akan disambung adalah sebagai berikut :

Balok induk = WF 450 x 200 x 9 x 14

Kolom = K 500 x 200 x 10 x 16

### **Akibat beban geser $P_u$**

h. Alat penyambung

Baut tipe A490 (tanpa ulir pada bidang geser) :

$$f_u = 150 \text{ ksi} = 150/1 \times 70,3 \text{ kg/cm}^2 = 10545 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing 22 \text{ mm} ; A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 = 3,80 \text{ cm}^2$$

Pelat penyambung : (2 siku)

L 100x100x10

BJ 50 ;  $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$

i. Sambungan pada badan balok induk

Kuat geser :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 3,8 \times 2 \\ &= 30053,25 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1 \times 5000 \\ &= 19800 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = V_u / \phi V_n = 28298,15 / 19800 = 1,42 \approx 2 \text{ buah}$$

$$n \phi V_n \geq V_u$$

$$2 \times 19800 \geq 28298,15$$

$$39600 > 28298,15 \text{ (OK)}$$

Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi : (S1)} = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 33 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 80 \text{ mm}$$

$$(S2) = 1,25 d_b \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 27,5 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S2} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 66 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 80 \text{ mm}$$

j. Sambungan pada sayap kolom

Kuat geser :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 3,8 \times 1 \\ &= 15026,62 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \varnothing \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1 \times 5000 \\ &= 19800 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = V_u / \varnothing V_n = 28298,15 / 15026,62 = 1,88 \approx 3 \text{ buah}$$

dipasang 3 buah pada masing – masing pelat siku penyambung.

$$\begin{aligned}3\varnothing V_n &\geq V_u \\ 3 \times 15026,62 &\geq 28298,15 \\ 45079,86 &> 28298,15 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

Kontrol jarak baut :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi : (S1)} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 33 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm} \\ \text{Pakai S1} &= 40 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(\text{S2}) &= 1,25 db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 27,5 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm} \\ \text{Pakai S2} &= 40 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak baut : (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 66 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm} \\ \text{Pakai S} &= 80 \text{ mm}\end{aligned}$$

k. Kontrol kekuatan pelat siku

Diameter perlemahan (dengan bor) :

$$d1 = 22 + 1,5 = 23,5 \text{ mm} = 2,35 \text{ cm}$$

$$L = 2 \times S1 + S = 2 \times 40 + 80 = 160 \text{ mm} = 16 \text{ cm}$$

Kuat geser

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \times t_L \\ &= (L - n \times d1) \times t_L \\ &= (16 - 2 \times 2,35) \times 1 \\ &= 11,3 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

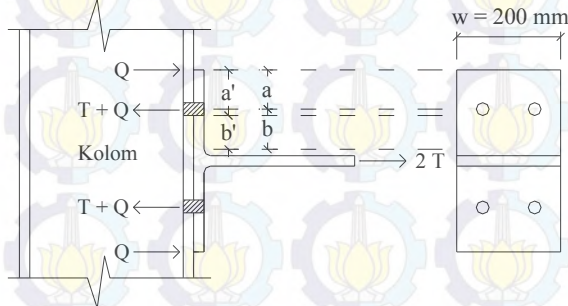
Kuat rencana (karena ada 2 siku)



$$\begin{aligned}
 2\phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\
 &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 5000 \times 11,3) \\
 &= 50850 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2\phi V_n &\geq V_u \\
 50850 &> 28298,15 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

### Akibat beban Mu



**Gambar 7.4** Gaya – Gaya yang Bekerja pada Profil T untuk Sambungan Balok Induk Melintang dengan Kolom Bawah

#### l. Alat penyambung

Baut tipe A490 (tanpa ulir pada bidang geser) :

$$f_u = 150 \text{ ksi} = 150/1 \times 70,3 \text{ kg/cm}^2 = 10545 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi 30 \text{ mm} ; A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 3^2 = 7,068 \text{ cm}^2$$

$$\phi 33 \text{ mm} ; A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 3,3^2 = 8,552 \text{ cm}^2$$

Potongan Profil T 400x400x30x50 dengan data – data sebagai berikut :

$$d = 229 \text{ mm} \quad t_w = 30 \text{ mm}$$

$$b_f = 417 \text{ mm} \quad t_f = 50 \text{ mm}$$

$$r = 22 \text{ mm}$$

$$\text{BJ 55} ; f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2 ; f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

m. Sambungan pada sayap Potongan Profil T 400x400x30x50 dengan sayap kolom

Gaya tarik akibat momen :

$$2T = \frac{M_u}{d_{balok}}$$

$$T = \frac{M_u}{2xd_{balok}} = \frac{66866,25}{2 \times 0,45} = 74295,83 \text{ kg}$$

Kekuatan tarik nominal dari baut (pakai baut Ø30mm) :

$$\begin{aligned}\phi T_n &= \phi \times 0,75 \times f_u \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 10545 \times 7,068 \\ &= 41924,28 \text{ kg}\end{aligned}$$

Bila digunakan 2 baut dalam 1 baris :

$$\begin{aligned}B &= 2 \times \phi T_n \\ &= 2 \times 41924,28 \\ &= 83848,56 \text{ kg}\end{aligned}$$

Syarat :

$$B > T$$

$$83848,56 > 74295,83 \text{ (OK)}$$

$$\text{Kuat tarik 1 baut (B)} = \frac{83848,56}{2} = 41924,28 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan profil T 400x400x30x50 maka :

$$c = r + 0,5t_w = 22 + 0,5 \times 30 = 37 \text{ mm}$$

$$a + b = 0,5b_f - c = 0,5 \times 417 - 37 = 171,5 \text{ mm}$$

$$b = 77,5 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$a = 171,5 - 77,5 = 94 \text{ mm}$$

Syarat menurut Kulak, Fisher dan Struik :  $a \leq 1,25b$

$$a' = a + 0,5 \times \phi_{\text{baut}} = 94 + 0,5 \times 30 = 109 \text{ mm}$$

$$b' = b - 0,5 \times \phi_{\text{baut}} = 77,5 - 0,5 \times 30 = 62,5 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{(w - \sum \phi_{\text{lubang}})}{w} = \frac{200 - 2(30 + 1,5)}{200} = 0,685$$

$$\beta = \left( \frac{B}{T} - 1 \right) \left( \frac{a'}{b'} \right) = \left( \frac{83848,56}{71347,81} - 1 \right) \left( \frac{109}{62,5} \right) = 0,30$$

Karena  $\beta < 1$ , maka  $\alpha = 0.30$

Maka :

$$Q = T \left( \frac{\alpha \delta}{1 + \alpha \delta} \right) \left( \frac{b'}{a'} \right) = 74295,83 \left( \frac{0,3 \times 0,685}{1 + 0,3 \times 0,685} \right) \left( \frac{62,5}{109} \right) \\ = 7262,1 \text{ kg}$$

Gaya pada baut :

$$\begin{aligned} T + Q &\leq B \\ 74295,83 + 7262,1 &\leq 83848,56 \\ 81557,93 &< 83848,56 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Momen pada flens profil T

$$M1 = \frac{T \cdot b'}{1 + \alpha \delta} = \frac{74285,83 \times 0,0625}{1 + 0,3 \times 0,685} = 3851,4 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi \cdot Mp_{flens} = \phi \cdot Z \cdot fy = \phi \frac{1}{4} w \cdot tf^2 \cdot xfy \\ &= 0,9 \times \frac{1}{4} \times 20 \times 5^2 \times 4100 = 461250 \text{ kgcm} \\ &= 4612,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M1 &\leq \phi Mn \\ 3851,4 &< 4612,5 \quad \dots\dots \text{Ok} \end{aligned}$$

Tebal flens profil T

$$\begin{aligned} tf &\geq \sqrt{\frac{4 \cdot T \cdot b'}{\phi \cdot w \cdot fy \cdot (1 + \alpha \delta)}} = \sqrt{\frac{4 \times 74295,83 \times 6,25}{0,9 \times 20 \times 4100 \times (1 + 0,3 \times 0,685)}} \\ tf &\geq 4,56 \text{ cm} \\ 5 \text{ cm} &\geq 4,56 \text{ cm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

n. Sambungan pada badan profil T dengan sayap balok

Kekuatan baut (pakai baut Ø33mm)

Kuat geser :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 8,552 \times 1 \\ &= 33817,81 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3,3 \times 1,2 \times 5500 \\ &= 39204 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$\begin{aligned}n &= 2T / \phi V_n = 148591,66 / 33817,81 = 4,39 \approx \text{dipasang 6 buah} \\ \text{Dipasang 3 baris baut, dimana dalam 1 baris ada 2 baut.}\end{aligned}$$

$$n\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned}6 \times 33817,81 &\geq 28298,15 \\ 202906,86 &> 28298,15 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Kekuatan badan profil T

Badan profil T sebagai batang tarik :

$$A_g = w \times t_w = 20 \times 3 = 60 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - \sum d' \times t_w \\ &= 60 - 3 \times (3,3 + 0,15) \times 3 = 39,3 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

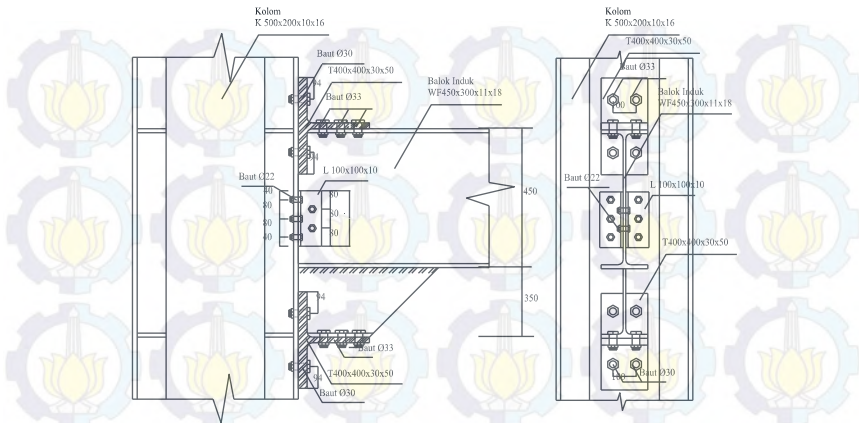
Kontrol leleh :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times A_g \times f_y \geq 2T \\ &= 0,9 \times 60 \times 4100 \geq 148591,66 \\ &= 221400 \text{ kg} > 148591,66 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

Kontrol putus :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times A_n \times f_u \geq 2T \\ &= 0,75 \times 60 \times 5500 \geq 148591,66 \\ &= 247500 \text{ kg} > 148591,66 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$





**Gambar 7.5 Sambungan Balok Induk Memanjang dengan Kolom**

### 7.3 Sambungan Antar Kolom

Berdasarkan hasil SAP 2000 diperoleh gaya – gaya yang bekerja pada kolom dengan label 2508:

$$\begin{aligned} Pu_x &= 428262,84 \text{ kg} \\ Mu_x &= 42936,26 \text{ kgm} \\ Mu_y &= 37662,27 \text{ kgm} \\ Vu_x &= 17480,44 \text{ kg} \\ Vu_y &= 13817,97 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kolom K 500x200x10x16

$$\begin{aligned} \text{BJ 41 : } f_y &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Alat penyambung

Baut tipe A490 (tanpa ulir pada bidang geser) :

$$f_u = 150 \text{ ksi} = 150/1 \times 70,3 \text{ kg/cm}^2 = 10545 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Ø } 28 \text{ mm ; } A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 2,8^2 = 6,157 \text{ cm}^2$$

Pelat penyambung :

Tebal 15 mm

BJ 50 ;  $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_y = 2900 \text{ kg/cm}^2$

Pembagian beban aksial :

$$P_{u_{\text{badan}}} = \frac{A_{\text{badan}}}{A_{\text{profil}}} \cdot P_u = \frac{1 \cdot (50 - 2 \cdot 1,6) \cdot 2}{228,4} \cdot 428262,84 = 175505,26 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_{u_{\text{sayap}}} &= P_u - P_{u_{\text{badan}}} \\ &= 428262,84 - 175505,26 \\ &= 252757,18 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Sambungan arah x**

Pembagian beban momen :

$$\begin{aligned} M_{u_{\text{badan}}} &= \\ \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} M_{ux} &= \frac{1/12 \cdot 1 \cdot (50 - 2 \cdot 1,6)^3}{49940} \cdot 42936,26 = 7343,98 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u_{\text{sayap}}} &= M_u - M_{u_{\text{badan}}} \\ &= 42936,26 - 7343,98 \\ &= 35592,27 \text{ kgm} \end{aligned}$$

a. Sambungan pada sayap kolom (pakai baut Ø28 mm)

Kuat geser :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 6,157 \times 1 \\ &= 24347,09 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu :

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,8 \times 1,5 \times 5000 \\ &= 37800 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya kopel pada sayap :

$$T = \frac{M_{u_{\text{sayap}}}}{d} = \frac{35592,27}{0,5} = 71184,54 \text{ kg}$$

Total gaya pada sayap :

$$P_{u_{\text{total}}} = T + P_{u_{\text{sayap}}} / 4$$

$$= 71184,54 + (252757,18/4)$$

$$= 134373,79 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = P_{u_{\text{total}}} / \phi V_n = 134373,79 / 24347,09 = 5,51 \approx 6 \text{ buah}$$

Dipasang 6 baut.

Kontrol jarak baut :

Jarak tepi : (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm

$$= 42 \text{ mm s/d } 160 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S1 = 50 \text{ mm}$$

(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm

$$= 35 \text{ mm s/d } 180 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S2 = 50 \text{ mm}$$

Jarak baut : (S) = 3db s/d 15tp atau 200 mm

$$= 84 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S = 100 \text{ mm}$$

b. Sambungan pada badan kolom (pakai baut Ø28 mm)

Kuat geser :

$$\phi V_n = \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 6,157 \times 2$$

$$= 48694,17 \text{ kg}$$

Kuat tumpu :

$$\phi R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,8 \times 1 \times 5000$$

$$= 25200 \text{ kg (menentukan)}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan :

$$M_u = (M_{u_{\text{badan}}} + V_{u_x} \times e)$$

$$= (7343,98 + 17480,44 \times 0,15)$$

$$= 9966,046 \text{ kg.m} = 996604,6 \text{ kg.cm}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6M_u}{\mu R_u}} = \sqrt{\frac{6 \times 996604,6}{10 \times (0,7 \times 1,2 \times 25200)}} = 5,3 \approx 6 \text{ baut}$$

Akibat  $P_u$  :

$$K_{UV1} = \frac{Pu_{badan}}{2.n} = \frac{175505,26}{2.6} = 14625,43 \text{ kg}$$

Akibat  $V_u$  :

$$K_{UH1} = \frac{Vu_x}{n} = \frac{17480,44}{6} = 2913,4 \text{ kg}$$

Akibat  $M_u$  :

$$\sum x^2 = 6x(5^2) = 150 \text{ cm}^2$$

$$\sum y^2 = 3x(5^2 + 15^2 + 25^2) = 2625 \text{ cm}^2$$

$$\sum (x^2 + y^2) = 2775 \text{ cm}^2$$

$$K_{UV2} = \frac{Mu_{total} \cdot x}{\sum (x^2 + y^2)} = \frac{996604,6 \times 5}{2625} = 1898,29 \text{ kg}$$

$$K_{UH2} = \frac{Mu_{total} \cdot y}{\sum (x^2 + y^2)} = \frac{996604,6 \times 25}{2625} = 9491,47 \text{ kg}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Ku_{total} &= \sqrt{(\sum K_{UV})^2 + (\sum K_{UH})^2} \\ &= \sqrt{(14625,43 + 1898,29)^2 + (2913,4 + 9491,47)^2} \\ &= 20661,9 \text{ kg} < \phi V_n = 25200 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut :

Jarak tepi : (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm

= 42 mm s/d 152 mm

Pakai S1 = 50 mm

(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm



$$= 35 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S2} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3\text{db s/d } 15\text{tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 84 \text{ mm s/d } 195 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 100 \text{ mm}$$

### Sambungan arah y

Pembagian beban momen :

$$Mu_{\text{badan}} =$$

$$\frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} Mu_y = \frac{1/12 \cdot 1 \cdot (50 - 2.1,6)^3}{49940} \cdot 37662,27 = 6441,90 \text{ kgm}$$

$$Mu_{\text{sayap}} = Mu - Mu_{\text{badan}}$$

$$= 37662,27 - 6441,9$$

$$= 31220,36 \text{ kgm}$$

a. Sambungan pada sayap kolom (pakai baut Ø28 mm)

Kuat geser :

$$\phi V_n = \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 6,157 \times 1$$

$$= 24347,09 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat tumpu :

$$\phi V_n = \phi \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,8 \times 1,5 \times 5000$$

$$= 37800 \text{ kg}$$

Gaya kopel pada sayap :

$$T = \frac{Mu_{\text{sayap}}}{d} = \frac{31220,36}{0,5} = 62440,73 \text{ kg}$$

Total gaya pada sayap :

$$Pu_{\text{total}} = T + Pu_{\text{sayap}} / 4$$

$$= 62440,73 + (252757,18/4)$$

$$= 125630,025 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = P_{u_{total}} / \phi V_n = 125630,025 / 24347,09 = 5,15 \approx 6 \text{ buah}$$

Dipasang 6 buah baut.

Kontrol jarak baut :

$$\text{Jarak tepi : (S1)} = 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 42 \text{ mm s/d } 160 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 50 \text{ mm}$$

$$(S2) = 1,25 \text{ db s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 35 \text{ mm s/d } 180 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S2} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : (S)} = 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 84 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S} = 100 \text{ mm}$$

b. Sambungan pada badan kolom (pakai baut Ø28 mm)

Kuat geser :

$$\phi V_n = \phi \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 10545 \times 6,157 \times 2$$

$$= 48694,17 \text{ kg}$$

Kuat tumpu :

$$\phi V_n = \phi \times 2,4 \times db \times tp \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,8 \times 1 \times 5000$$

$$= 25200 \text{ kg (menentukan)}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan :

$$Mu = (Mu_{badan} + Vu_y \times e)$$

$$= (6441,9 + 13817,97 \times 0,15)$$

$$= 8514,5955 \text{ kg.m} = 851459,55 \text{ kg.cm}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6Mu}{\mu Ru}} = \sqrt{\frac{6 \times 851459,55}{10 \times (0,7 \times 1 \times 25200)}} = 5,38 \approx 6 \text{ baut}$$

Akibat  $P_u$  :

$$K_{UV1} = \frac{Pu_{badan}}{2.n} = \frac{175505,26}{2.6} = 14625,43 \text{ kg}$$

Akibat  $V_u$  :

$$K_{UH1} = \frac{Vu_y}{n} = \frac{13817,97}{6} = 2302,99 \text{ Kg}$$

Akibat  $M_u$  :

$$\sum x^2 = 6x(5^2) = 150 \text{ cm}^2$$

$$\sum y^2 = 6x(5^2 + 15^2 + 25^2) = 5250 \text{ cm}^2$$

$$\sum (x^2 + y^2) = 5400 \text{ cm}^2$$

$$K_{UV2} = \frac{Mu_{total} \cdot x}{\sum (x^2 + y^2)} = \frac{851459,55 \times 5}{5400} = 788,38 \text{ kg}$$

$$K_{UH2} = \frac{Mu_{total} \cdot y}{\sum (x^2 + y^2)} = \frac{851459,55 \times 25}{5400} = 3941,94 \text{ kg}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Ku_{total} &= \sqrt{(\sum K_{UV})^2 + (\sum K_{UH})^2} \\ &= \sqrt{(14625,43 + 788,38)^2 + (2302,99 + 3941,94)^2} \\ &= 16630,83 \text{ kg} < \phi V_n = 25200 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut :

Jarak tepi : (S1) = 1,5db s/d (4tp + 100) atau 200 mm

= 42 mm s/d 152 mm

Pakai S1 = 50 mm

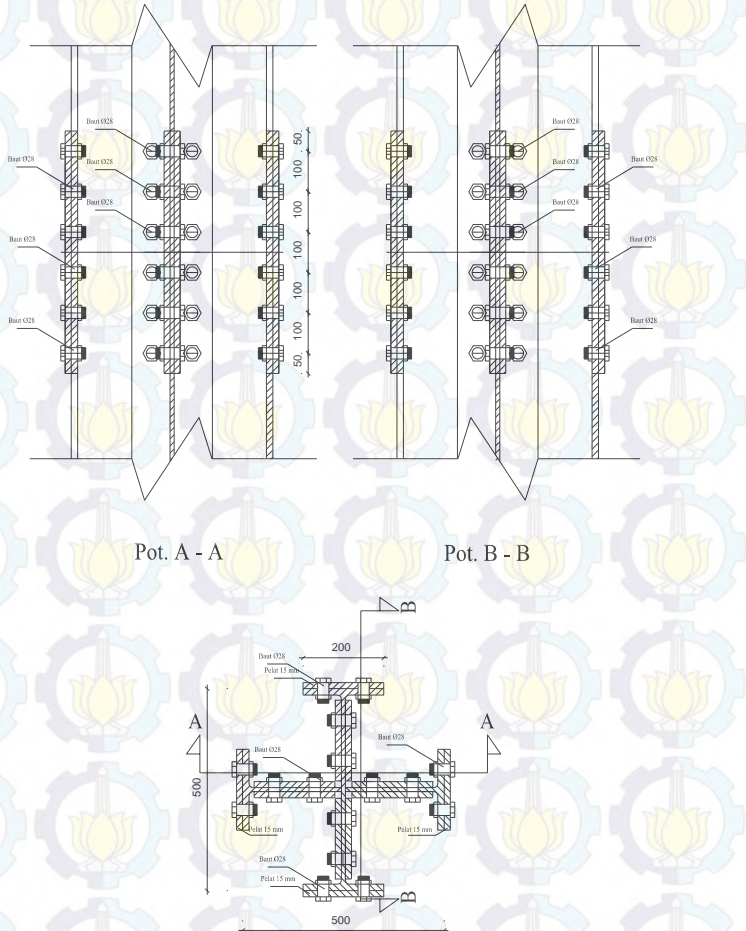
(S2) = 1,25 db s/d 12tp atau 150 mm

= 35 mm s/d 150 mm

Pakai S2 = 50 mm

Jarak baut : (S) =  $3db$  s/d  $15tp$  atau 200 mm  
 = 84 mm s/d 195 mm

Pakai S = 100 mm



**Gambar 7.6 Sambungan Antar Kolom**



#### 7.4 Desain base plate

##### Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

Sambungan kolom tepi dengan base plate direncanakan dengan gaya – gaya yang bekerja sebagai berikut:

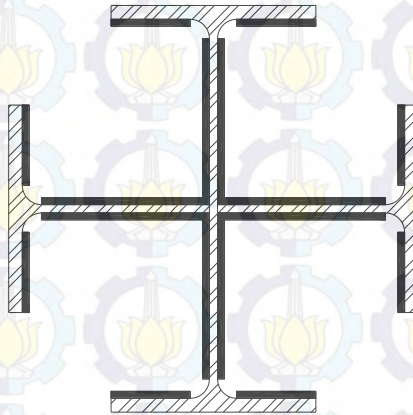
$$P_u = 475749,32 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 42101,85 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 37191,81 \text{ kgm}$$

Direncanakan beton dengan mutu ( $f_c'$ ) = 30MPa.

##### Sambungan las pada *base plate*



**Gambar 7.7** Sambungan Las pada Base Plate

Direncanakan las dengan mutu  $F_{E90XX}$  dengan  $t_e = 1.5 \text{ cm}$ .

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 A_{las} &= \{(2 \times 45.8) + (2 \times 46.8) + (4 \times 20)\} \cdot 1.5 = 397,8 \text{ cm}^2 \\
 I_x &= \left[ 2 \left( \frac{1}{12} \cdot 1,5 \cdot 46,8^3 + \frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 1,5^3 + 20 \cdot 1,5 \cdot 23,4^2 \right) \right] + \left[ 2 \left( \frac{1}{12} \cdot 45,8 \cdot 1,5^3 + \frac{1}{12} \cdot 1,5 \cdot 20^3 \right) \right] \\
 &= 60516,42 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$I_y = \left[ 2 \left( \frac{1}{12} \cdot 1,5 \cdot 45,8^3 + \frac{1}{12} \cdot 20,1 \cdot 5^3 + 20,1 \cdot 5 \cdot 22,9^2 \right) \right] + \left[ 2 \left( \frac{1}{12} \cdot 46,8 \cdot 1,5^3 + \frac{1}{12} \cdot 1,5 \cdot 20^3 \right) \right]$$

$$= 57520,153 \text{ cm}^4$$

$$W_x = I_x / y_{\max} = 60516,42 / 23,4 = 2586,17 \text{ cm}^3$$

$$W_y = I_y / x_{\max} = 57520,153 / 22,9 = 2511,8 \text{ cm}^3$$

$$f_{\text{total}} = \frac{Pu}{A} + \frac{Mx}{W_x} + \frac{My}{W_y}$$

$$= \frac{475749,32}{397,8} + \frac{42101,85}{2586,17} + \frac{37191,81}{2511,8}$$

$$= 1227,03 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat rencana las ( $t_e = 1\text{cm}$ ) :

$$\Phi_{fn} = 0,75 \times 0,6 \times 90 \times 70,3 \times 1 = 2847,15 \text{ kg/cm}$$

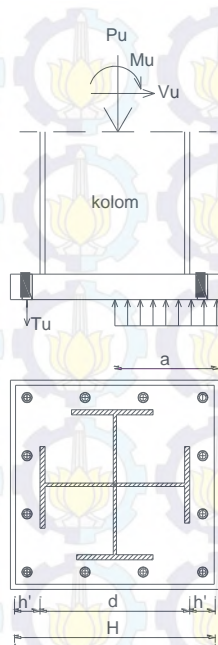
Maka :

$$t_{c_{\text{perlu}}} \geq \frac{f_{\text{total}}}{\Phi_{fn}} 1\text{cm} = \frac{1227,03}{2847,15} \times 1\text{cm} = 0,43\text{cm}$$

$$a_{\text{perlu}} \geq \frac{t_{c_{\text{perlu}}}}{0,707} = \frac{0,43}{0,707} = 0,6\text{cm} (a_{\min})$$

## Perhitungan Base Plate

Arah x :



**Gambar 7.8** Desain baseplate

$$e_x = \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{4210185}{475749,32} = 8,84 \text{ cm} < \frac{H}{6} = \frac{85}{6} = 14,16 \text{ cm}$$

Direncanakan diameter baut : 1 inch = 2.54 cm

$$h' > w_e + c_1$$

$$w_e = \text{jarak baut ke tepi} = 1\frac{3}{4} \times 2.54 = 4.45 \text{ cm}$$

$$c_1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = \frac{27}{16} \times 2.54 = 4.29 \text{ cm}$$

$$h' \geq 4.45 + 4.29$$

$$\geq 8.74 \text{ cm, dipakai } h' = 11 \text{ cm}$$

$$h = H - 0.5h' = 850 - 0.5 \times 110 = 790 \text{ mm} = 79 \text{ cm}$$

$$B = 850 \text{ mm} = 85 \text{ cm}$$

Dimensi beton :

Panjang : 85 cm

Lebar : 85 cm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{85 \times 85}{75 \times 75}} = 1.13$$

$$f'_{cu'} = 0.85 \times f'_c \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0.85 \times 30 \times 1.13$$

$$= 28,815 \text{ MPa} = 288,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = h - \sqrt{h^2 - \frac{P_u(2h - H) + 2M_u}{\phi \times f_{cu'} \times B}}$$

$$= 79 - \sqrt{79^2 - \frac{475749,32(2 \times 79 - 85) + 2 \times 4210185}{0.6 \times 288,15 \times 85}}$$

$$a = 23,56 \text{ cm}$$

$$T_u = (\phi \times f_{cu'} \times B \times a) - P_u$$

$$= (0,6 \times 288,15 \times 85 \times 23,56) - 475749,32$$

$$= 47625,51 \text{ kg}$$

### Perhitungan Jumlah Baut Angkur

Direncanakan diameter baut : 1 inch = 2.54 cm

$$f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_n = 0.75 \times f_{ub} \times (0.5 A_b)$$

$$= 0.75 \times 5000 \times (0.5 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 2.54^2)$$

$$= 9500.76 \text{ kg}$$

$$n \geq \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{47625,51}{9500,76} = 5,01 = 6 \text{ buah}$$

### Perhitungan Tebal Plat Baja

$$t \geq 2.108 \sqrt{\frac{T_u(h' - w_e)}{f_y \cdot B}}$$



$$t \geq 2,108 \sqrt{\frac{791427,92(11-4,45)}{2500 \times 85}}$$

$t \geq 2.56 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$ , Jadi dipakai  $t = 30 \text{ mm}$

Untuk arah x direncanakan menggunakan 4 buah baut  $\varnothing 1 \text{ inch} = 2.54 \text{ cm}$  dengan  $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$

Maka baseplate ukuran  $85 \text{ cm} \times 85 \text{ cm}$  dengan tebal  $30 \text{ mm}$  dapat digunakan sebagai alas kolom.

### Perhitungan Panjang Baut Angker

$$Tu \text{ pada baut angkur} = \frac{Tu}{6} = \frac{47652,51}{6} = 7942,08 \text{ kg}$$

$$Tu = 0.9 \times \pi \times D \times L \times \tau$$

Dimana :

$Tu$  = Gaya pada tiap baut angkur

$D$  = Diameter baut angkur

$L$  = Panjang baut angkur

$\tau$  = Gaya lekatan baut angkur

$$= \sqrt{f_c'} = \sqrt{400} = 20$$

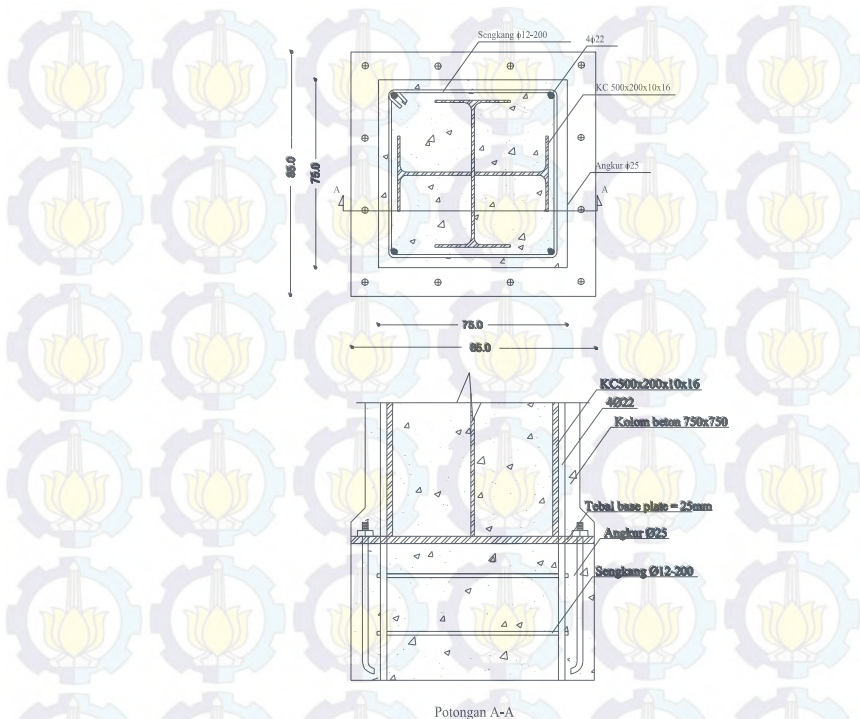
$$Tu = 0.9 \times \pi \times D \times L \times \tau$$

$$L = \frac{Tu}{0.9 \cdot \pi \cdot D \cdot \tau}$$

$$= \frac{7942,08}{0,9 \times \pi \times 2,54 \times 20}$$

$$L = 55,27 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Jadi panjang angker digunakan 60 cm



*Gambar 7.9 Sambungan Kolom dengan Base Plate Arah x*

**Arah y :**

$$e_y = \frac{M_{uy}}{P_u} = \frac{3719181}{475749,32} = 7,81 \text{ cm} < \frac{H}{6} = \frac{85}{6} = 14,17 \text{ cm}$$

Direncanakan diameter baut : 1 inch = 2.54 cm

$h' > w_e + c_1$

$w_e$  = jarak baut ke tepi =  $1\frac{3}{4} \times 2.54 = 4.45 \text{ cm}$

$c_1$  = jarak minimum untuk kunci =  $27/16 \times 2.54$   
= 4.29 cm

$$h' \geq 4.45 + 4.29$$

$$\geq 8.74 \text{ cm, dipakai } h' = 11 \text{ cm}$$

$$h = H - 0.5h' = 850 - 0.5 \times 110 = 790 \text{ mm} = 79 \text{ cm}$$

$$B = 850 \text{ mm} = 85 \text{ cm}$$

Dimensi beton :

Panjang : 85 cm

Lebar : 85 cm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{85 \times 85}{75 \times 75}} = 1.13$$

$$f_{cu}' = 0.85 \times f_c' \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0.85 \times 40 \times 1.13$$

$$= 38.42 \text{ MPa} = 384.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = h - \sqrt{h^2 - \frac{Pu(2h - H) + 2Mu}{\phi_c \times f_{cu}' \times B}}$$

$$= 79 - \sqrt{79^2 - \frac{475749.32(2 \times 79 - 85) + 2 \times 3719181}{0.6 \times 384.2 \times 85}}$$

$$a = 16.24 \text{ cm}$$

$$T_u = (\phi_c \times f_{cu}' \times B \times a) - P_u$$

$$= (0.6 \times 384.2 \times 85 \times 16.24) - 432922.24$$

$$= 36456.821 \text{ kg}$$

### Perhitungan Jumlah Baut Angkur

Direncanakan diameter baut : 1 inch = 2.54 cm

$$f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_n = 0.75 \times f_{ub} \times (0.5 A_b)$$

$$= 0.75 \times 5000 \times (0.5 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 2.54^2)$$

$$= 9500.76 \text{ kg}$$

$$n \geq \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{36456.821}{9500.76} = 3.83 \approx 6 \text{ buah}$$

### Perhitungan Tebal Plat Baja

$$t \geq 2.108 \sqrt{\frac{Tu(h'-w_e)}{f_y.B}}$$

$$t \geq 2,108 \sqrt{\frac{36456,821(11 - 4,45)}{2500 \times 85}}$$

$$t \geq 2,23 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm, Jadi dipakai } t = 30 \text{ mm}$$

Untuk arah x direncanakan menggunakan 6 buah baut  $\varnothing 1 \text{ inch} = 2.54 \text{ cm}$  dengan  $f_u = 5000 \text{ kg/cm}^2$

Maka baseplate ukuran  $85 \text{ cm} \times 85 \text{ cm}$  dengan tebal  $30 \text{ mm}$  dapat digunakan sebagai alas kolom.

### Perhitungan Panjang Baut Angkur

$$Tu \text{ pada baut angkur} = \frac{Tu}{6} = \frac{36456,821}{6} = 6076,18 \text{ kg}$$

$$Tu = 0.9 \times \pi \times D \times L \times \tau$$

Dimana :

$Tu$  = Gaya pada tiap baut angkur

$D$  = Diameter baut angkur

$L$  = Panjang baut angkur

$\tau$  = Gaya lekatan baut angkur

$$= \sqrt{fc'} = \sqrt{400} = 20$$

$$Tu = 0.9 \times \pi \times D \times L \times \tau$$

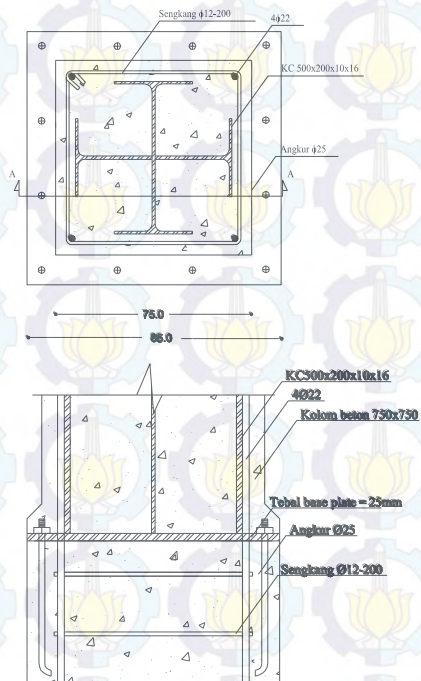
$$L = \frac{Tu}{0.9 \cdot \pi \cdot D \cdot \tau}$$

$$= \frac{6076,18}{0,9 \times \pi \times 2,54 \times 20}$$

$$L = 42,28 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Jadi panjang angker digunakan  $60 \text{ cm}$

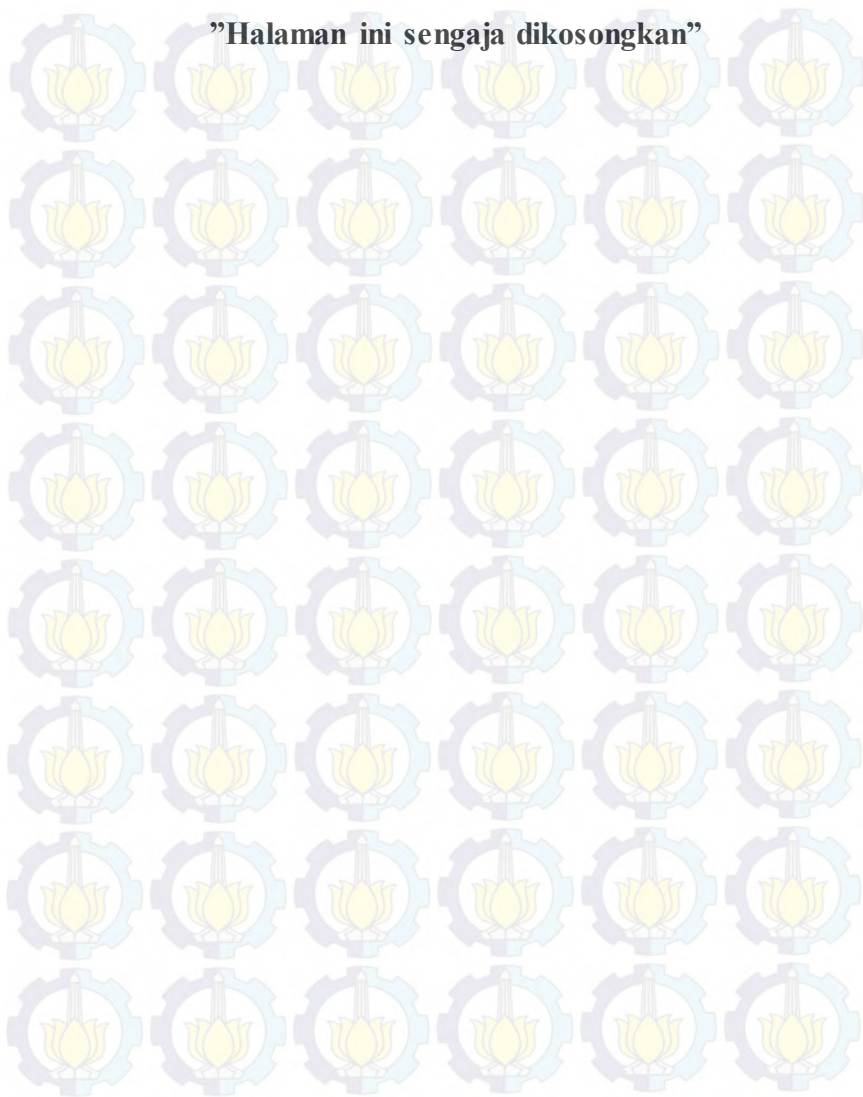




Potongan A-A

**Gambar 7.10** Sambungan Kolom dengan Base Plate Arah y

**"Halaman ini sengaja dikosongkan"**



## BAB VIII

### PERENCANAAN PONDASI

#### 8.1 Perencanaan Pondasi Gedung

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Pondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri ke dalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya.

Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *pencil pile shoe* produk dari PT. WIKA Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

- Diameter : 600 mm
- Tebal : 100 mm
- Type : A1
- Allowable axial : 235,4 ton
- Bending Momen crack : 17 tm
- Bending Momen ultimate : 25,5 tm

##### 8.1.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Data yang diperoleh dan yang digunakan dalam merencanakan pondasi adalah data tanah berdasarkan hasil Standard Penetration Test (SPT). Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ).

Perhitungan daya dukung tanah memakai metode Luciano Decourt (1982) :

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

Dimana :

$Q_L$  = daya dukung tanah maksimum pada pondasi

$Q_P$  = resistance ultimate di dasar tiang

$Q_S$  = resistance ultimate akibat lekatan lateral

$$Q_P = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$$

$$Q_S = q_s \cdot A_s = (N_s/3 + 1) \cdot A_s$$

Dimana :

$N_p$  = harga rata-rata SPT pada 4D pondasi di bawah dan di atasnya.

$K$  = koefisien karakteristik tanah

= 12 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lempung

= 20 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berlempung

= 25 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berpasir

= 40 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah pasir

$A_p$  = luas penampang dasar tiang ( $A_p = 0,25 \times \pi \times D^2$ )

$N_s$  = rata-rata SPT sepanjang tiang tertanam, dengan batasan  $3 \leq N \leq 50$

$A_s$  = keliling x panjang tiang yang terbenam ( $\pi \times D$ ) x p

Bila direncanakan menggunakan tiang pancang diameter 50 cm dengan kedalaman 20 m, diperoleh :

$$N_s = 20,9$$

$$N_p = 31,3$$

$$K = 20 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = (\pi \times D) \times 20 = (\pi \times 0,6) \times 20 = 37,68 \text{ m}^2$$

$$A_p = 0,25 \times \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 0,6^2 = 0,286 \text{ m}^2$$

Maka :  
 $x_b$

$$Q_P = N_p \times K \times A_p$$

$$= 31,3 \times 20 \times 0,286 = 176,91 \text{ ton}$$

$$Q_S = (N_s/3 + 1) \times A_s$$

$$= (20,9/3 + 1) \times 37,68 = 300,24 \text{ ton}$$

$$Q_L = Q_P + Q_S = 176,91 + 300,24 = 477,15 \text{ ton}$$

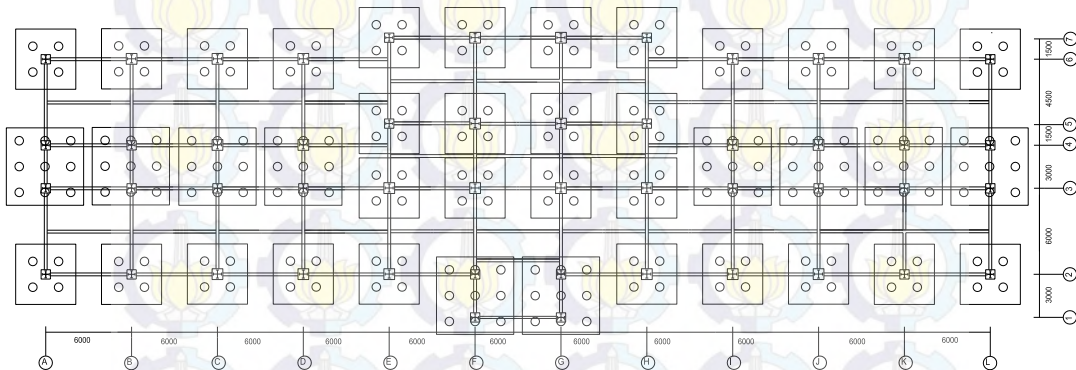
Sehingga P 1 tiang berdasarkan daya dukung tanah adalah :

P 1 tiang =  $Q_L / SF = 477,15 / 3 = 159,05 \text{ ton}$  (menentukan)



Dari tabel spesifikasi tiang pancang yang diproduksi PT. WIKA diketahui kapasitas tiang pancang tunggal berdasarkan kekuatan bahan adalah 235,4 ton. Dengan demikian maka kapasitas tiang pancang tunggal diambil berdasarkan pada daya dukung tanah yaitu  $P \text{ 1 tiang} = 159,05 \text{ ton}$

### 8.1.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok



**Gambar 8.1** Denah Pondasi

Pondasi direncanakan terdiri dari 1 tipe dengan menggunakan tiang pancang berdiameter  $\varnothing 60 \text{ cm}$ .

#### a. PONDASI TIPE I

Beban-bekan maksimum yang bekerja pada pondasi ini adalah sebagai berikut :

$$P_{lu} = 383043.12 \text{ kg}$$

$$M_{xu} = 43487.58 \text{ kg}$$

$$M_{yu} = 36782.73 \text{ kg}$$

$$V_{xu} = 17734.1 \text{ kg}$$

$$V_{yu} = 13404.76 \text{ kg}$$

Jarak antar tiang pancang dalam satu kelompok direncanakan sebagai berikut :

Untuk jarak ke tepi pondasi

$$1,5 D \leq S1 \leq 2 D$$

$$1,5 \times 60 \leq S1 \leq 2 \times 60$$

$$90 \leq S1 \leq 120$$

Pakai  $S1 = 120$  cm

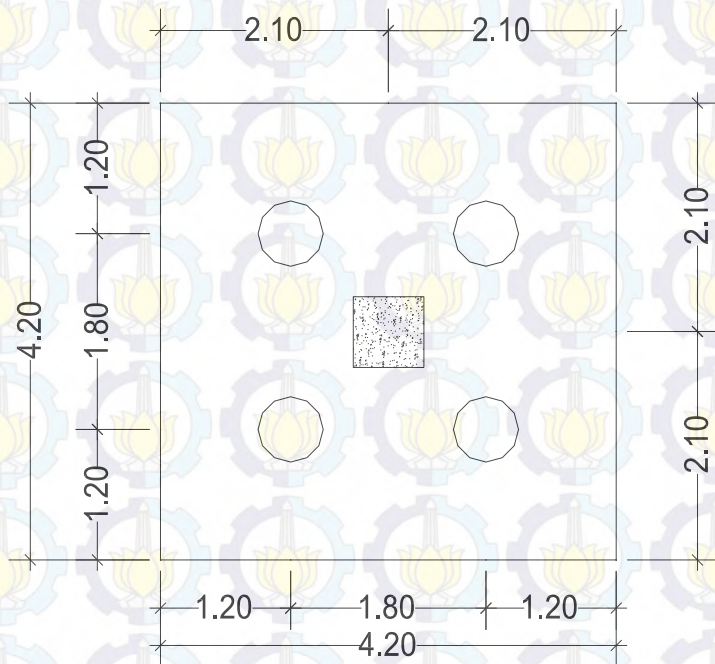
Untuk jarak antar tiang pancang

$$2,5 D \leq S2 \leq 3 D$$

$$2,5 \times 60 \leq S2 \leq 3 \times 60$$

$$150 \leq S2 \leq 180$$

Pakai  $S2 = 180$  cm



**Gambar 8.2** Denah Pondasi P1

Dimensi poer : 480 cm x 330 cm x 150

$$Q1_{\text{group}} = P1 \text{ tiang} \times n \times Ce$$

$$P_{\text{ijin}} = P1 \text{ tiang} \times Ce$$

Karena jarak antar pondasi memakai jarak maksimal yang diperbolehkan, maka angka efisiensi yang dipakai adalah sebesar 1

$$Ce = 1$$

Maka :

$$Q1_{\text{group}} = P1 \text{ tiang} \times n \times Ce$$

$$= 159050 \times 6 \times 1$$

$$= 954300 \text{ kg}$$

$$P_{\text{ijin}} = 159050 \times 1 = 159050 \text{ kg}$$

Perhitungan beban aksial maksimum pada pondasi kelompok :

$$\text{Reaksi kolom} = 383043.12 \text{ kg}$$

$$\text{Berat poer} = 4,8 \times 3,3 \times 1,5 \times 2400 = 57024 \text{ kg} +$$

$$\text{Berat total} = 440067.12 \text{ kg}$$

$$Q1_{\text{group}} = 954300 \text{ kg} > 440067.12 \text{ kg} \dots\dots\text{OK}$$

#### b. PONDASI TIPE 2

Beban-beban maksimum yang bekerja pada pondasi ini adalah sebagai berikut :

$$P_{1u} = 663806.57 \text{ kg}$$

$$M_{xu} = 54451.2 \text{ kg}$$

$$M_{yu} = 56334.43 \text{ kg}$$

$$V_{xu} = 24006.92 \text{ kg}$$

$$V_{yu} = 26904.5 \text{ kg}$$

Jarak antar tiang pancang dalam satu kelompok direncanakan sebagai berikut :

Untuk jarak ke tepi pondasi

$$1,5 D \leq S1 \leq 2 D$$

$$1,5 \times 60 \leq S1 \leq 2 \times 60$$

$$90 \leq S1 \leq 120$$

Pakai  $S1 = 90 \text{ cm}$





$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{D}{S}\right)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang = 60 cm

S = jarak antar tiang pancang = 180 cm

m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris = 3

n = jumlah baris tiang pancang = 3

Sehingga :

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{60}{180}\right)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{3} - \frac{1}{3}\right) = 0,72$$

Maka :

$$\begin{aligned} Q_{1\text{group}} &= P \text{ 1 tiang } \times n \times C_e \\ &= 159050 \times 9 \times 0,72 \\ &= 1040506.185 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{ijin} = 159050 \times 0.72 = 115611.7 \text{ kg}$$

Perhitungan beban aksial maksimum pada pondasi kelompok :

$$\text{Reaksi kolom} = 663806.57 \text{ kg}$$

$$\text{Berat poer} = 5,4 \times 5,4 \times 1,5 \times 2400 = 104976 \text{ kg} +$$

$$\text{Berat total} = 768782.57 \text{ kg}$$

$$Q_{1\text{group}} = 1040506.185 \text{ kg} > 768782.57 \text{ kg} \dots\dots\text{OK}$$

### 8.1.3 Repartisi Beban-Beban diatas Tiang Kelompok

Bila diatas tiang - tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen ( $P_v$ ) yang bekerja pada sebuah tiang adalah :

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\sum y^2}$$

Dimana :

P = beban vertikal ekuivalen

V = beban vertikal dari kolom

n = banyaknya tiang dalam group

M<sub>x</sub> = momen terhadap sumbu x

M<sub>y</sub> = momen terhadap sumbu y

X<sub>max</sub> = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

Y<sub>max</sub> = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\sum x^2$  = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

$\sum y^2$  = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

a. Pondasi Tipe 1

Untuk perencanaan pondasi diperoleh gaya – gaya yang bekerja sebagai berikut :

$$V = 386620.58 \text{ kg}$$

$$M_x = 42905.82 + (17465.1 \times 1,5) = 69103.47 \text{ kgm}$$

$$M_y = 37018.46 + (13536.89 \times 1,5) = 57323.795 \text{ kgm}$$

$$n = 4$$

$$X_{\max} = 0,9 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 0,9 \text{ m}$$

$$\sum x^2 = (4 \times 0,9^2) = 3.24 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = (4 \times 0,9^2) = 3.24 \text{ m}^2$$

Maka :

$$P_v = \frac{386620.58}{4} \pm \frac{69103,47.0.9}{3.24} \pm \frac{57323,8.0.9}{3.24}$$

$$P_{\min} = 96655.145 - 15923.2 - 19195.4 \\ = 61536.4 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = 96655.145 + 15923.2 + 19195.4 \\ = 131773.8 \text{ kg (digunakan untuk menghitung poer)}$$

Kontrol beban tetap

$$P_{\max} = 131773.8 \text{ kg} < P_{\text{ijin}} = 159050 \text{ kg} \quad (\text{OK!})$$

b. Pondasi Tipe 2

Untuk perencanaan pondasi diperoleh gaya – gaya yang bekerja sebagai berikut :

$$V = 663806.57 \text{ kg}$$

$$M_x = 54451.2 + (24006.92 \times 1,5) = 90461.58 \text{ kgm}$$

$$M_y = 56334.43 + (26904.5 \times 1,5) = 96691.18 \text{ kgm}$$

$$n = 9$$

$$X_{\max} = 1,8 \text{ m}$$

$$Y_{\max} = 1.8 \text{ m}$$

$$\sum x^2 = (6 \times 1,8^2) = 19.44 \text{ m}^2$$

$$\sum y^2 = (6 \times 1,8^2) = 19.44 \text{ m}^2$$

Maka :

$$P_v = \frac{663806.57}{9} \pm \frac{90461,58.1,8.}{19.44} \pm \frac{96691,18.1,8}{19.44}$$

$$P_{\min} = 73756.2 - 8952.88 - 8376.07 \\ = 56427.32 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = 73756.2 + 8952.88 + 8376.07$$

= 91085.2 kg (digunakan untuk menghitung poer)

Kontrol beban tetap

$P_{max} = 91085.2 \text{ kg} < P_{ijin} = 115611.7 \text{ kg}$  (OK!)

### 8.1.4 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philipponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut :

Monolayer : 3 meter atau 6 kali diameter

Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan :

$L_e$  = panjang penjepitan

=  $3 \times 0,6 \text{ m} = 1,8 \text{ m}$

Dipakai  $L_e = 1,8 \text{ m}$

Tabel 8.1 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral

PONDASI TIPE	$L_e$	$H_y$ (t)	$H_x$ (t)	$M_y = L_e \times H_y$ (tm)	$M_x = L_e \times H_x$ (tm)	$M_y$ Satu tiang	$M_x$ satu tiang	M bending crack (tm)	
1	1.8	13.5	17	24.366402	31.43718	4.06107	5.23953	17	OK
2	1.8	26.9	24	48.4281	43.212456	12.107	10.8031	17	OK

### 1.2 Perencanaan Poer

Poer direncanakan untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Oleh karena itu poer harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur.

Data perencanaan poer :

Dimensi kolom = 850 x 850 mm (*base plate*)

Mutu beton ( $f'_c$ ) = 40 Mpa



Mutu baja ( $f_y$ )	= 400 Mpa
Tebal poer	= 1500 mm
Diameter tulangan	= 32 mm
Selimit beton	= 50 mm

### 8.2.1 Kontrol Geser Pons pada Poer

- Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.

$$\bullet V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

SNI03–2847–2013 pasal 11.11.2.1.a

$$\bullet V_c = 0.083 \left( \frac{\alpha_o x d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

SNI03–2847–2013 pasal 11.11.2.1.b

$$\bullet V_c = 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

SNI03–2847–2013 pasal 11.11.2.1.c

dimana :

- Pondasi Tipe 1  
Akibat Kolom

$\beta_c$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi

$$\text{terpendek (daerah beban terpusat)} = \frac{850}{850} = 1,0$$

Tinggi efektif balok poer :

$$d_x = 1500 - 50 - \frac{1}{2} \times 32 = 1434 \text{ mm}$$

Keliling penampang kritis

$$b_o = 2(b_k + d) + 2(b_k + d)$$

dimana :  $b_k$  = lebar penampang kolom

$d$  = tebal efektif poer

$$b_o = 2(750+1434)+2(750+1434)= 8736 \text{ mm}$$

$\alpha_s = 40$ , untuk kolom interior

$$V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{2}{1.0} \right) 1\sqrt{40} \times 8736 \times 1434$$

$$= 40407496,92 \text{ N}$$

$$V_c = 0.083 \left( \frac{40 \times 1434}{8736} + 2 \right) 1\sqrt{40} \times 8736 \times 1434$$

$$= 45536031.92 \text{ N}$$

$$V_c = 0.33 \times 1\sqrt{40} \times 8736 \times 1434$$

$$= 26146027,42 \text{ N (menentukan)}$$

Diambil yang terkecil  $V_c = 26146027,42 \text{ N}$

$$\phi V_c = 0,75 \times 26146027,42 \text{ N}$$

$$= 1960,95 \text{ ton} > 386.62 \text{ P}_{u \text{ kolom}} = \text{ton (OK)}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran poer mampu menahan gaya geser akibat beban reaksi aksial kolom.

- Akibat Pancang

$\beta_c$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$(\text{daerah beban terpusat}) = \frac{600}{600} = 1,00$$

Bo = keliling dari penampang kritis poer

$$\begin{aligned}
 &= [2\pi \times (d + D_{\text{tiang}})] \\
 &= [2\pi \times (1434 + 600)] \\
 &= 12785.1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \left( 1 + \frac{2}{1.00} \right) 1\sqrt{40} \times 12785.1 \times 1434 \\
 &= 59136403.45 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.083 \left( \frac{40 \times 1434}{12785.1} + 2 \right) 1\sqrt{40} \times 12785.1 \times 1434 \\
 &= 51632107.38 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.33 \times 1\sqrt{40} \times 1434 \times 12785.1 \\
 &= 38264731.65 \text{ N (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Diambil yang terkecil  $V_c = 38264731.65 \text{ N}$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0.75 \times 38264731.65 \text{ N} \\
 &= 2869.8 \text{ ton} > P_{u \text{ tiang}} = 131.7 \text{ ton (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

b. Pondasi Tipe 2

Akibat Kolom

$$\begin{aligned}
 \beta_c &= \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi} \\
 &\text{terpendek (daerah beban terpusat)} = \frac{850}{850} = 1.0
 \end{aligned}$$

Tinggi efektif balok poer :

$$dx = 1500 - 50 - \frac{1}{2} \times 32 = 1434 \text{ mm}$$

Keliling penampang kritis

$$b_o = 2(b_k + d) + 2(b_k + d)$$

dimana :  $b_k$  = lebar penampang kolom

$d$  = tebal efektif poer

$$b_o = 2(750+1434)+2(750+1434)= 8736 \text{ mm}$$

$\alpha_s = 40$ , untuk kolom interior

$$V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{2}{1.0} \right) 1\sqrt{40} \times 8736 \times 1434 = 40407496,92 \text{ N}$$

$$V_c = 0.083 \left( \frac{40 \times 1434}{8736} + 2 \right) 1\sqrt{40} \times 8736 \times 1434$$

$$= 56330627.86 \text{ N}$$

$$V_c = 0.33 \times 1\sqrt{40} \times 8736 \times 1434$$

$$= 26146027.42 \text{ N (menentukan)}$$

Diambil yang terkecil  $V_c = 26146027,42 \text{ N}$

$$\phi V_c = 0,75 \times 26146027,42 \text{ N}$$

$$= 1960,95 \text{ ton} > 663.80 P_u \text{ kolom} = \text{ton (OK)}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran poer mampu menahan gaya geser akibat beban reaksi aksial kolom.

- Akibat Pancang

$\beta c$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek

$$(\text{daerah beban terpusat}) = \frac{600}{600} = 1,00$$

$B_o$  = keliling dari penampang kritis poer

$$= [2\pi \times (d + D_{\text{tiang}})]$$

$$= [2\pi \times (1434 + 600)]$$

$$= 12785.1 \text{ mm}$$



$$V_c = 0.17 \left( 1 + \frac{2}{1.00} \right) 1\sqrt{40} \times 12785.1 \times 1434$$

$$= 59136403.45 \text{ N}$$

$$V_c = 0.083 \left( \frac{40 \times 1434}{12785.1} + 2 \right) 1\sqrt{40} \times 12785.1 \times 1434$$

$$= 62426703.33 \text{ N}$$

$$V_c = 0.33 \times 1\sqrt{40} \times 1434 \times 12785.1$$

$$= 38264731.65 \text{ N (menentukan)}$$

Diambil yang terkecil  $V_c = 38264731.65 \text{ N}$

$$\phi V_c = 0.75 \times 38264731.65 \text{ N}$$

$$= 2869.8 \text{ ton} > P_{u \text{ tiang}} = 91.08 \text{ ton (OK)}$$

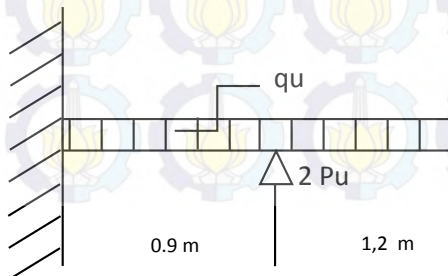
Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

### 8.2.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer.

a. Pondasi Tipe 1

#### Penulangan arah X dan arah Y



**Gambar 8.4** Analisa poer sebagai balok kantilever pada arah X dan Y untuk P1

Penulangan lentur :

$$P_U = 131.7 \text{ ton}$$

$$q_U = 4,8 \times 1,5 \times 2,4 \times 1,4 = 21.1 \text{ ton/m}$$

Momen momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M_U &= (2 \times 131.7 \times 0.9) - (\frac{1}{2} \times 21.1 \times 2,1^2) \\ &= 190,5345 \text{ tm} \\ &= 190,5345 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,80 \text{ (untuk } f'_c \leq 40 \text{ MPa)}$$

$$\begin{aligned} \rho_{balance} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 40}{410} \left( \frac{600}{600 + 410} \right) = 0,039 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,039 \\ &= 0,029 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y = 1,4/410 = 0,0034$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{410}{0,85 \times 40} = 12,05$$

$$R_n = \frac{M_U}{\phi b d_x^2} = \frac{190,5345 \times 10^7}{0,8 \times 4200 \times 1434^2} = 0,275 \text{ N / mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,05} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,05 \cdot 0,275}{410}} \right) \\ &= 0,000675 < \rho_{\min} = 0,0034 \quad ; \text{ maka } \rho_{\text{pakai}} = 0,0034\end{aligned}$$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho \times b \times d_x = 0,0034 \times 4200 \times 1434 = 20565,6 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan :

$$n = \frac{20565,6}{0,25 \times \pi \times 32^2} = 25,5 \approx 26 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Tulangan :

$$S = \frac{4200 - (2 \times 50) - (2 \times 32)}{26 - 1} = 164 \text{ mm} \approx 160 \text{ mm}$$

Jadi digunakan tulangan 26 D32 – 160 ( $A_{S\text{pakai}} = 24137,14 \text{ mm}^2$ )

*Penulangan samping :*

$$\begin{aligned}A_S \text{ tulangan samping} &= 20\% \times A_S \text{ tulangan lentur} \\ &= 20\% \times 20565,6 = 4113,1 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

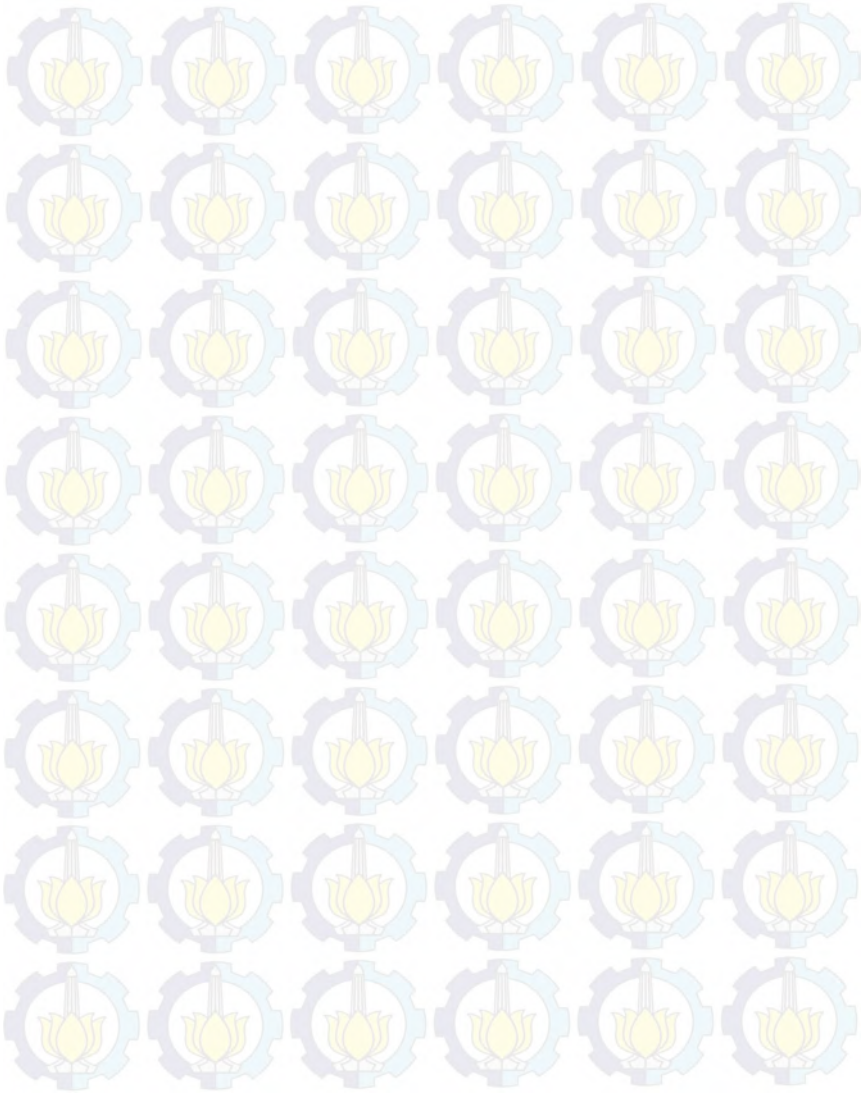
Jumlah tulangan :

$$n = \frac{4113,1}{0,25 \times \pi \times 32^2} = 5,11 \approx 6 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Tulangan :

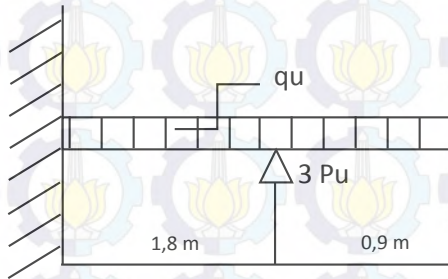
$$S = \frac{1500 - (2 \times 50) - (2 \times 32)}{6 - 1} = 280 \text{ mm}$$

Jadi digunakan tulangan 6 D32 – 280 ( $A_{Spakai} = 4113.1 \text{ mm}^2$ )





## b. Pondasi Tipe 2

**Penulangan arah X**

**Gambar 8.5** Analisa poer sebagai balok kantilever pada arah X untuk P2

Penulangan lentur :

$$P_U = 91.08 \text{ ton}$$

$$q_U = 5,4 \times 1,5 \times 2,4 \times 1,4 = 27.2 \text{ ton/m}$$

Momen momen yang bekerja :

$$M_U = (3 \times 91.08 \times 1,8) - \left(\frac{1}{2} \times 27,2 \times 2,7^2\right)$$

$$= 392,688 \text{ tm}$$

$$= 392,688 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\beta_1 = 0,80 \text{ (untuk } f'_c \leq 40 \text{ MPa)}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 40}{410} \left( \frac{600}{600 + 410} \right) = 0,039$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,039 \\ &= 0,029\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/410 = 0,0034$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{410}{0,85 \times 40} = 12,05$$

$$R_n = \frac{M_U}{\phi b d_x^2} = \frac{392,688 \times 10^7}{0,8 \times 5400 \times 1434^2} = 0,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,05} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,05 \cdot 0,44}{410}} \right) \\ &= 0,00108 < \rho_{\min} = 0,0034 \quad ; \text{ maka } \rho_{\text{pakai}} = 0,0034\end{aligned}$$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \times b \times d_x = 0,0034 \times 5400 \times 1434 = 26441,5 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan :

$$n = \frac{26441,5}{0,25 \times \pi \times 32^2} = 32,86 \approx 33 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Tulangan :

$$S = \frac{5400 - (2 \times 50) - (2 \times 32)}{33 - 1} = 165,625 \text{ mm} \approx 160 \text{ mm}$$

Jadi digunakan tulangan 33 D32 – 160 ( $A_{\text{Spakai}} = 26550,8 \text{ mm}^2$ )

*Penulangan samping :*

$$A_s \text{ tulangan samping} = 20\% \times A_s \text{ tulangan lentur} \\ = 20\% \times 26441.5 = 5288,312 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan :

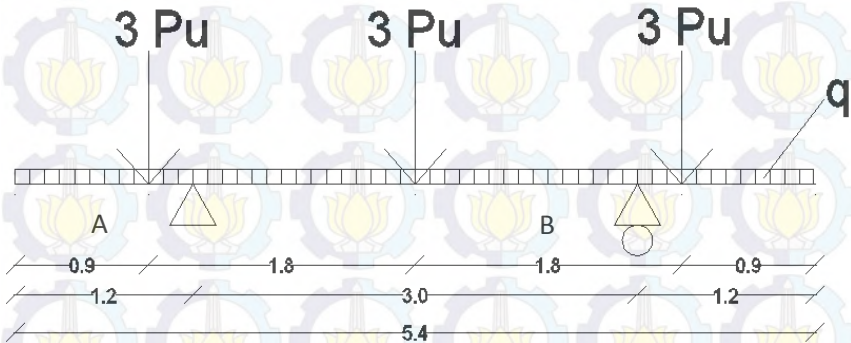
$$n = \frac{5288,312}{0,25 \times \pi \times 32^2} = 6,57 \approx 7 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Tulangan :

$$S = \frac{1500 - (2 \times 50) - (2 \times 32)}{7 - 1} = 222,67 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Jadi digunakan tulangan 7 D32 – 200 ( $A_{s \text{ pakai}} = 5632 \text{ mm}^2$ )

**Penulangan arah Y**



**Gambar 8.6** Analisa poer sebagai balok perletakan sendi roll pada arah Y untuk pondasi P2

*Penulangan lentur :*

$$P_U = 91.08 \text{ ton}$$

$$q_U = 5,4 \times 1,5 \times 2,4 \times 1,4 = 27.2 \text{ ton/m}$$

Momen momen yang bekerja :

$$Ra = \frac{3(91,08)(3,3+1,5) - 3(91,08)x0,3 + 27,2x5,4x1,5}{3}$$

$$Ra = 483.3 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} M \text{ tengah bentang} &= 483.3 \times 1.5 - 91.8 \times 3 \times 1,8 - 27.2 \times 2,7^2 \times 0,5 \\ &= 130,086 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MA &= 91.08 \times 3 \times 0.3 - 27.2 \times 1.2^2 \times 0.5 \\ &= 113.86 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$Mu = 130,086 \text{ tm}$$

$$\beta_1 = 0,80 \text{ (untuk } f'c \leq 40 \text{ MPa)}$$

$$\begin{aligned} \rho_{balance} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 40}{410} \left( \frac{600}{600 + 410} \right) = 0,039 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,039 \\ &= 0,029 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = 1,4/f_y = 1,4/410 = 0,0034$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{410}{0,85 \times 40} = 12,05$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d_x^2} = \frac{130,086 \times 10^7}{0,8 \times 5400 \times 1434^2} = 0.1464 \text{ N / mm}^2$$



$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,05} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,05 \cdot 0,1464}{410}} \right) \\ &= 0,00035 < \rho_{\text{min}} = 0,0034 \quad ; \text{ maka } \rho_{\text{pakai}} = 0,0034\end{aligned}$$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho \times b \times d_x = 0,0034 \times 5400 \times 1434 = 26441,5 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan :

$$n = \frac{26441,5}{0,25 \times \pi \times 32^2} = 32,86 \approx 33 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Tulangan :

$$S = \frac{5400 - (2 \times 50) - (2 \times 32)}{33 - 1} = 165,625 \text{ mm} \approx 160 \text{ mm}$$

Jadi digunakan tulangan 33 D32 – 160 ( $A_{\text{Spakai}} = 26550,8 \text{ mm}^2$ )

*Penulangan samping :*

$$\begin{aligned}A_{\text{S tulangan samping}} &= 20\% \times A_{\text{S tulangan lentur}} \\ &= 20\% \times 26441,5 = 5288,312 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan :

$$n = \frac{5288,312}{0,25 \times \pi \times 32^2} = 6,57 \approx 7 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Tulangan :

$$S = \frac{1500 - (2 \times 50) - (2 \times 32)}{7 - 1} = 222,67 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Jadi digunakan tulangan 7 D32 – 200 ( $A_{\text{Spakai}} = 5632 \text{ mm}^2$ )

### 8.3 Perencanaan Sloof Pondasi (Tie beam)

Struktur sloof dalam hal ini digunakan dengan tujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan pada pondasi atau dalam kata lain sloof mempunyai fungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Data – data perancangan :

$$P_U = 663806,57 \text{ kg} = 6638065,7 \text{ N}$$

$$\text{Dimensi sloof} : b = 500 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$A_g = 350000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Mutu bahan} : f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Selimut Beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama D22}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \emptyset 12$$

$$\text{Tinggi efektif (d)} = 700 - (50 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22) = 624 \text{ mm}$$

Tegangan ijin tarik beton :

$$f_r \text{ ijin} = 0,70 \times \sqrt{f'_c} = 0,70 \times \sqrt{30} = 3,83 \text{ Mpa}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.2.3)

$$P_U = 10\% \times P_{U \text{ kolom}} = 10\% \times 6638065,7 \text{ N} = 663806,57 \text{ N}$$

Tegangan tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{P_u}{\phi \cdot b \cdot h} = \frac{663806,57}{0,8 \times 500 \times 700}$$

$$= 2,3 \text{ MPa} < f_r \text{ ijin} = 3,83 \text{ MPa} \dots \text{OK}$$

### Penulangan Lentur pada Sloof

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangan pada kolom.

Beban-beban yang terjadi pada sloof :

Beban aksial :

$$P_U = 663806,57 \text{ N}$$

Beban merata :

$$\text{Berat sendiri sloof} = 0,5 \times 0,7 \times 2400 = 840 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat dinding} &= 3,6 \times 450 &= \frac{1620 \text{ kg/m} +}{2460 \text{ kg/m}} \\ q &= \end{aligned}$$

$$q_U = 1,4 \times 2460 = 3444 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang sloof} &= (\text{panjang bentang} - \text{lebar poer}) + \text{daerah penjepitan} \\ &= (6 - (5,4/2)) + 0,35 = 3,65 \text{ m} \end{aligned}$$

$$M_{\text{tump}} = 1/12 \times q_U \times L^2$$

$$= 1/12 \times 3444 \times 3,65^2$$

$$= 3823.56 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lap}} = 1/8 \times q_U \times L^2$$

$$= 1/8 \times 3444 \times 3,65^2$$

$$= 5735.34 \text{ kgm}$$

$$D(V_u) = 1/2 \times q_U \times L$$

$$= 1/2 \times 3444 \times 3,65$$

$$= 6285.3 \text{ kg}$$

Dari diagram interaksi, didapat  $\rho$  tulangan = 1,11 %

Dipasang Tulangan 10 D22 ( $A_s = 3799,4 \text{ mm}^2$ )

### Penulangan Geser

Geser yang terjadi :

$$V_u = 6285.3 \text{ kg} = 62853 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 2x \frac{1}{6} \times \sqrt{fc} \times bd \left[ 1 + \frac{Nu}{14.A_g} \right] \\
 &= 2 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 500 \times 624 \left[ 1 + \frac{62853}{14 \times 500 \times 700} \right] \\
 &= 576938,2 \text{ N} \\
 \phi V_c &= 0,6 \times 576938,2 \\
 &= 346162,9 \text{ N} > V_u = 62853 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Karena  $V_u < \phi V_c$ , maka tidak perlu tulangan geser.

Jadi dipasang tulangan praktis dengan jarak maksimum  $d/2 = 624/2 = 312 \text{ mm}$ .

Digunakan tulangan geser praktis  $\phi 12 - 30$



## BAB IX

### PENUTUP

#### 9.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan pada tugas akhir ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dilakukan perhitungan struktur sekunder terlebih dahulu seperti perhitungan tangga, pelat lantai, dan balok anak terhadap beban-beban yang bekerja baik beban mati, beban hidup maupun beban terpusat.
2. Dilakukan kontrol terhadap balok utama pada kondisi sebelum komposit dan kondisi setelah komposit. Kontrol yang dilakukan meliputi : kontrol lendutan, kontrol penampang (local buckling), kontrol lateral buckling dan kontrol geser.
3. Dilakukan kontrol kekuatan struktur kolom komposit yang meliputi kontrol luas minimum beton pada kolom komposit, perhitungan kuat tekan aksial kolom, perhitungan kuat lentur kolom, dan kontrol kombinasi aksial dan lentur.
4. *Rigid connection* digunakan untuk sambungan antara balok-kolom. *Simple connection* digunakan pada sambungan balok anak dengan balok induk.
5. Dimensi – dimensi dari struktur yang digunakan adalah sebagai berikut :
  - Dimensi kolom komposit :  
Beton : 750 mm x 750 mm  
Profil : K 500 x 200 x 10 x 16
  - Profil balok induk komposit:  
WF 450 x 200 x 9 x 14
  - Profil balok anak komposit:  
WF 300 x 200 x 8 x 12
  - Profil balok lift :  
Penggantung : WF 350 x 250 x 8 x 12  
Penumpu : WF 350 x 250 x 9 x 14

- Profil balok tangga :  
Utama : WF 250 x 125 x 5 x 8  
Penumpu : WF 250 x 175 x 7 x 11

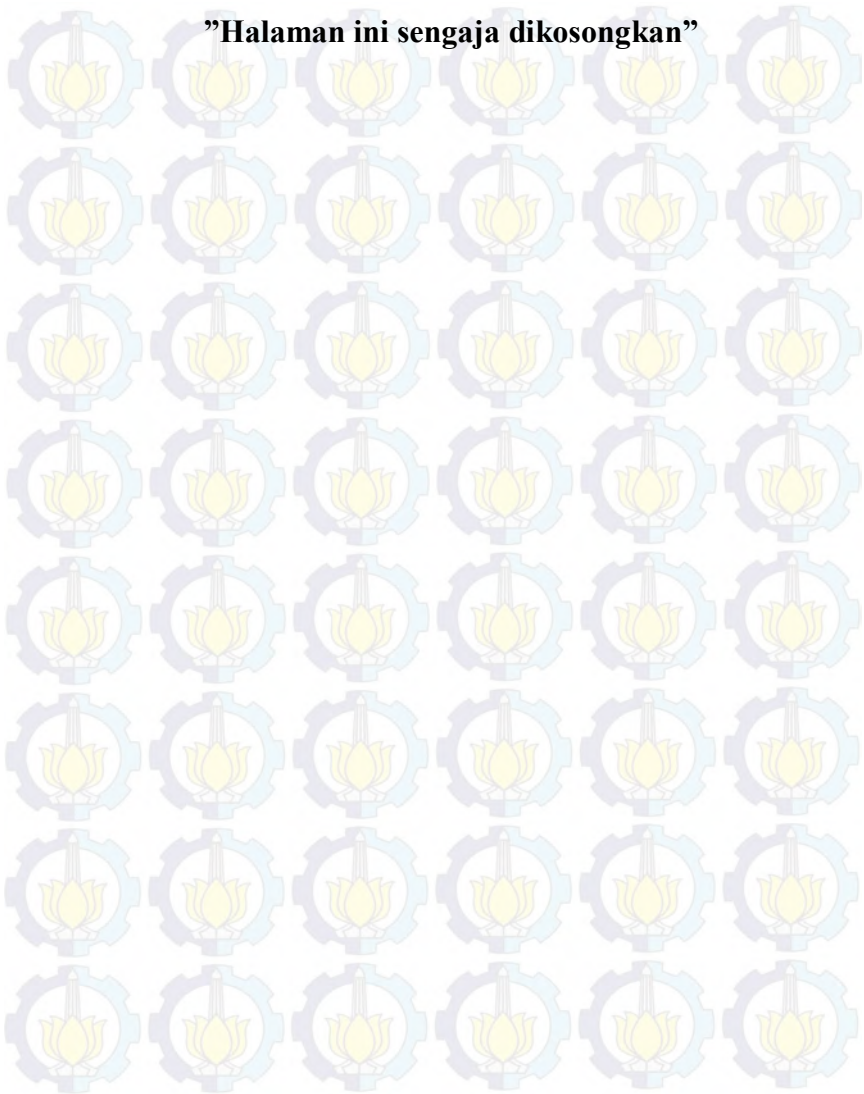
## 9.2 Saran

Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomi, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.

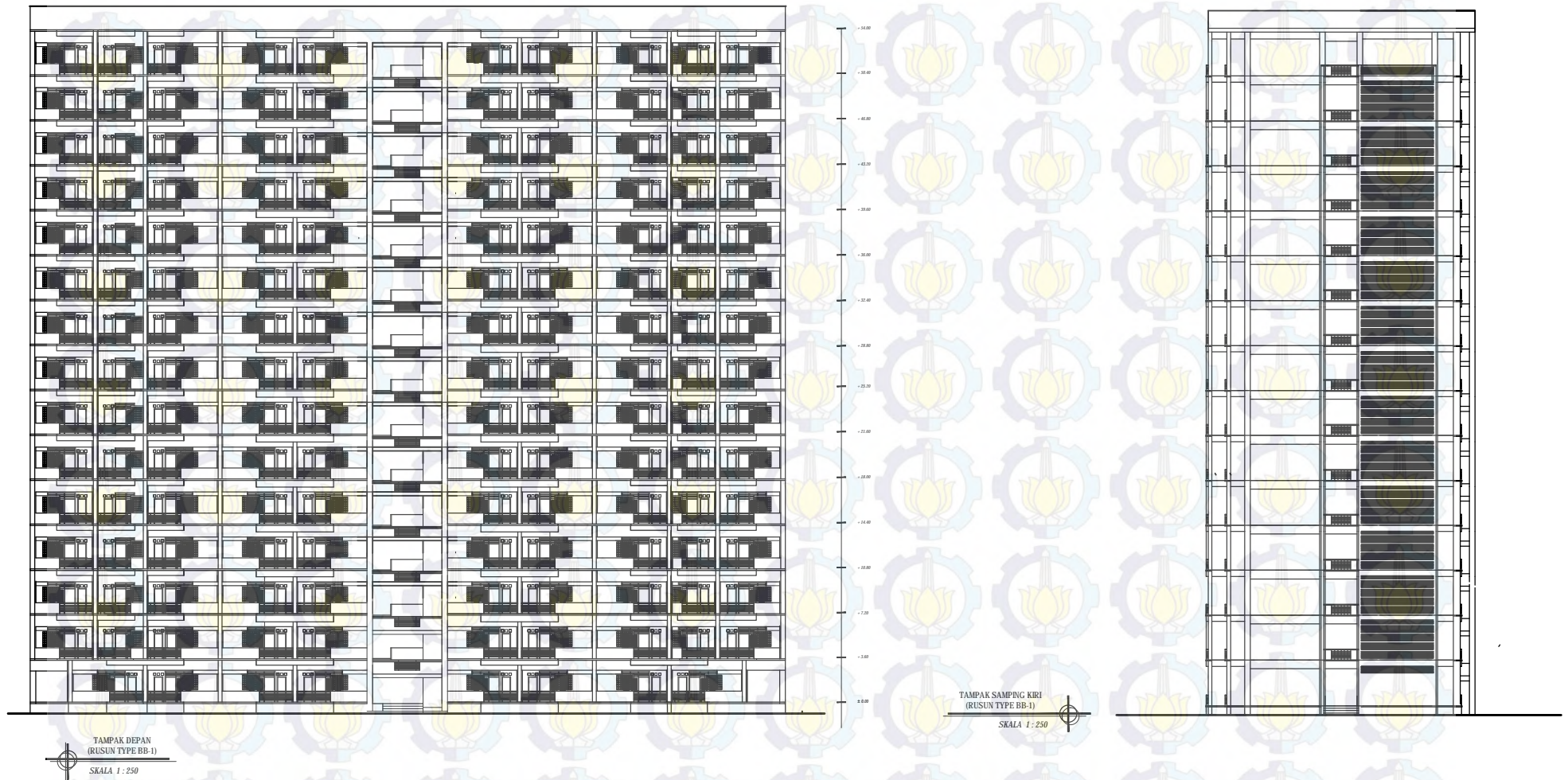
## DAFTAR PUSTAKA

- Amon, Rene., Bruce Knobloch., dan Atanu Mazumder. 1999. **Perencanaan Konstruksi Baja Untuk Insinyur dan Arsitek 2**. Jakarta : PT. Pradinya Paramita.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. **Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)**. Bandung : BSN.
- Khatulistani, Utari. 2003. **PERENCANAAN BALOK KOMPOSIT MENGGUNAKAN METODE LRFD. JURNAL AKSIAL**. Majalah Ilmiah Teknik Sipil Vol.5, No. 3
- Mahmudah, Siti. 2007. **Evaluasi Fasilitas dan Lokasi Rumah Susun di Surabaya**. Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Setiawan, Agus. 2008. **Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03 – 1729 – 2002)**. Jakarta : Erlangga.
- Suprobo, Priyo. 2000. **Desain Balok Komposit Baja – Beton**. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
- Salmon, Charles G., dan John E. Johnson. 1991. **Struktur Baja : Desain dan Perilaku Jilid 2**. Jakarta : Erlangga.
- Widiarsa, Ida Bagus Rai., dan Putu Deskarta. 2007. **Kuat Geser Baja Komposit Dengan Variasi Tinggi Penghubung Geser Tipe-T Ditinjau Dari Uji Geser Murni**. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 11, No 1

**”Halaman ini sengaja dikosongkan”**











TAMPAK SAMPING KANAN  
(RUSUN TYPE BB-1)  
SKALA 1:250



JUDUL TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG  
UMAH SUSUN SEWA SUMUR WELUT  
KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA - BETON KOMPOSIT**

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MT  
Data Iranata, ST, MT, Ph.d

Mahasiswa

MUHAMMAD ALI AKBAR  
3111100038

Judul Gambar

TAMPAK

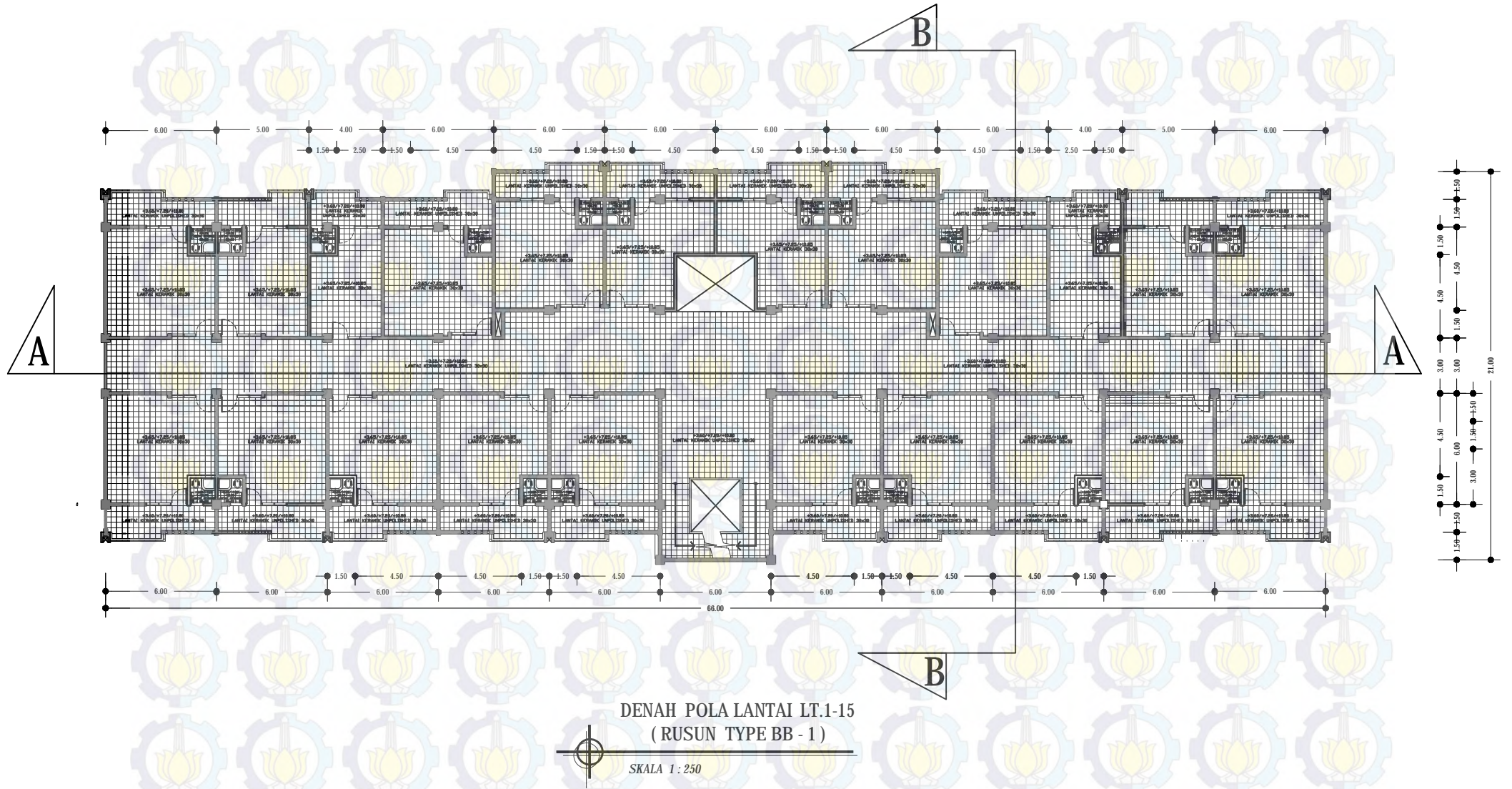
No Lembar

2

Satuan

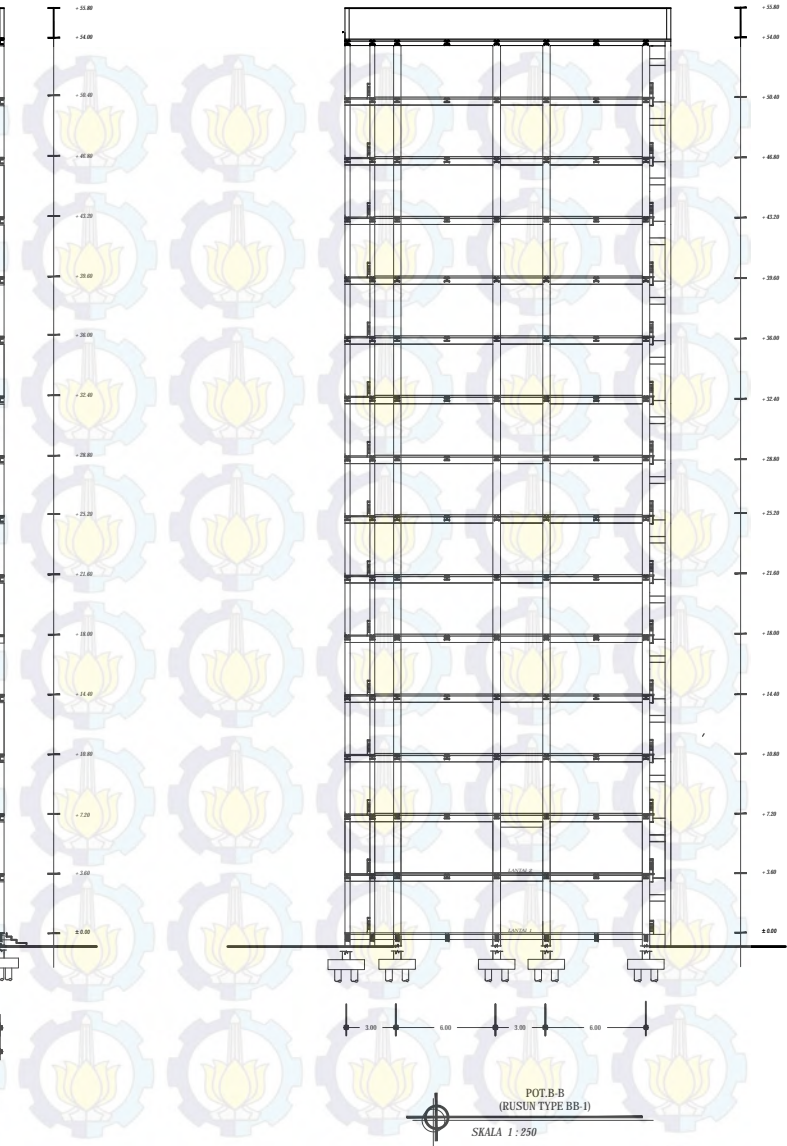
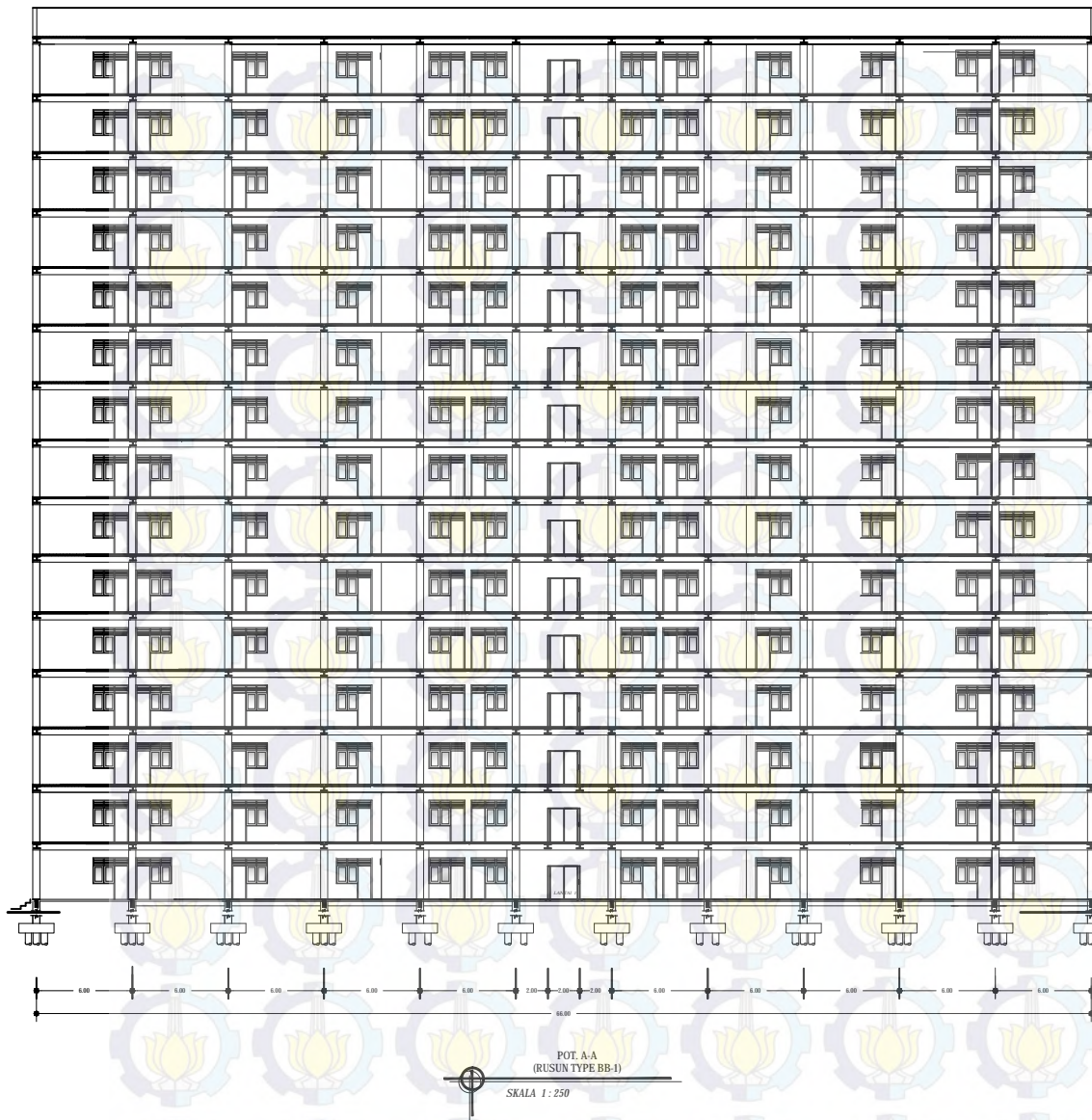
m





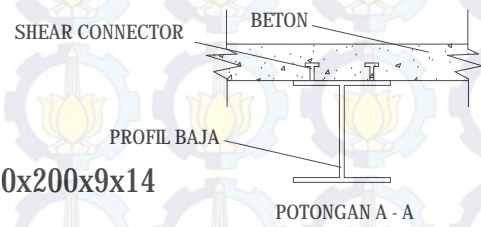
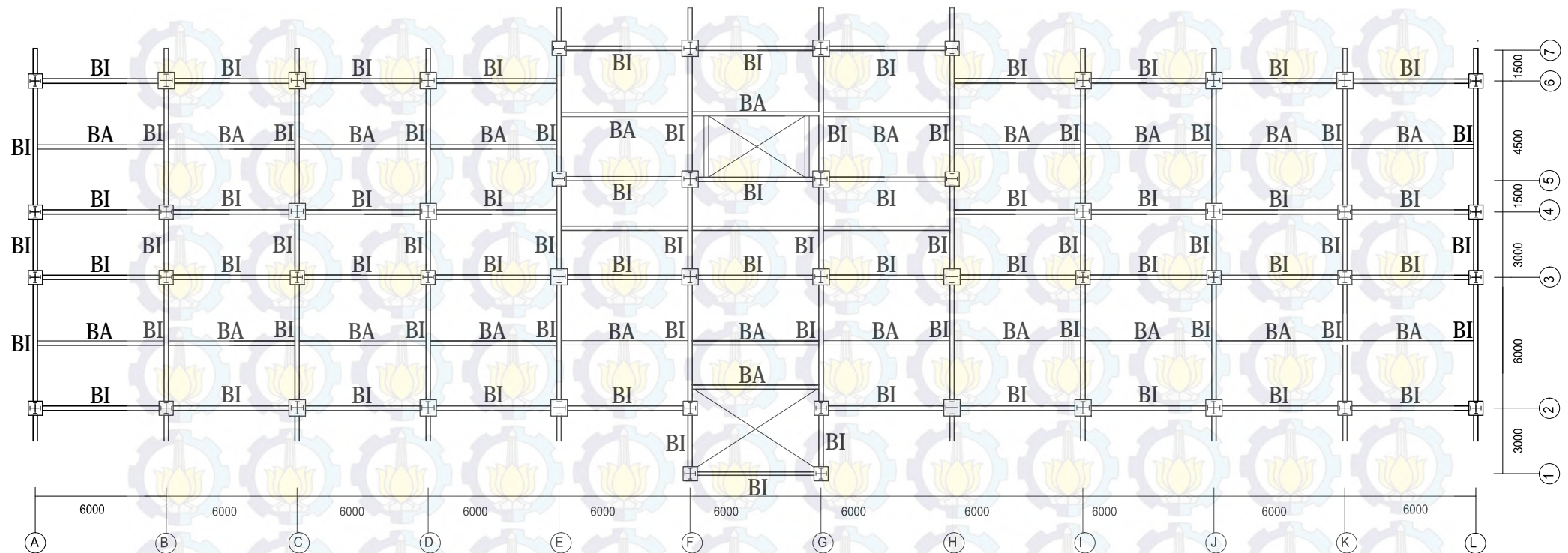
JUDUL TUGAS AKHIR	Dosen Pembimbing	Mahasiswa	Judul Gambar	No Lembar	Satuan
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SUSUN SEWA SUMUR WELUT KOTA SURABAYA MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA - BETON KOMPOSIT	Ir. Heppy Kristijanto, MS Data Iranata, ST, MT, Ph.D	MUHAMMAD ALI AKBAR 3111100038	Pola Lantai 1-15	3	m



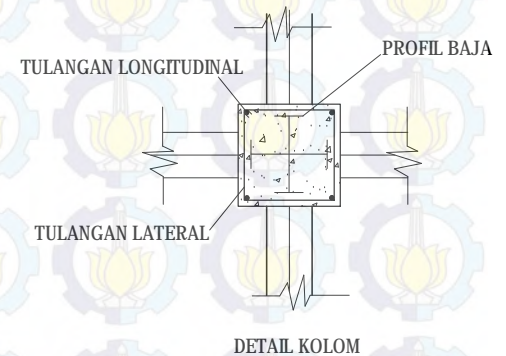


JUDUL TUGAS AKHIR	Dosen Pembimbing	Mahasiswa	Judul Gambar	No Lembar	Satuan
MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH SUSUN SEWA SUMUR WELUT KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA - BETON KOMPOSIT	Ir. Heppy Kristijanto, MS Data Iranata, ST, MT, Ph.D	MUHAMMAD ALI AKBAR 3111100038	Potongan A-A B-B	4	m





RENCANA BALOK LANTAI 2 S/D 15  
(RUSUN TYPE BB - 1)  
SKALA 1 : 250



BI = WF 450x200x9x14

BA = WF 300x200x8x12



JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur  
Gedung Rumah Susun Sederhana  
Sumur Welut  
dengan Menggunakan Baja-Beton  
Komposit

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.  
Data Iranata, ST, MT, Ph.d

Mahasiswa

Muhammad Ali Akbar  
3111100038

Judul Gambar

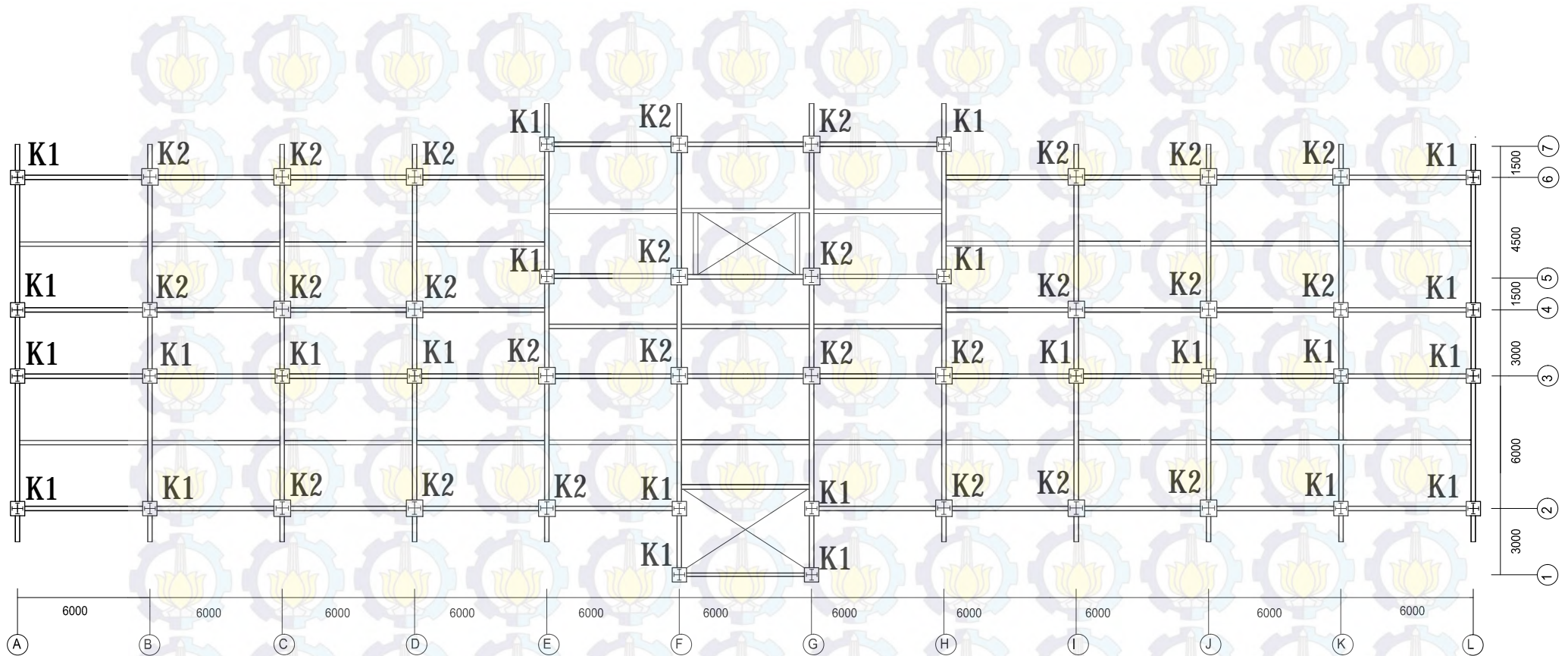
Denah Pembalokan

No Lembar

5

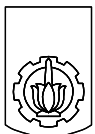
Satuan

mm



RENCANA KOLOM  
(RUSUN TYPE BB - 1)

SKALA 1 : 250



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JUDUL TUGAS AKHIR

Modifikasi Perencanaan Struktur  
Gedung Rumah Susun Sederhana  
Sumur Welut  
dengan Menggunakan Baja-Beton  
Komposit

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.  
Data Iranata, ST, MT, Ph.d

Mahasiswa

Muhammad Ali Akbar  
3111100038

Judul Gambar

Denah Kolom

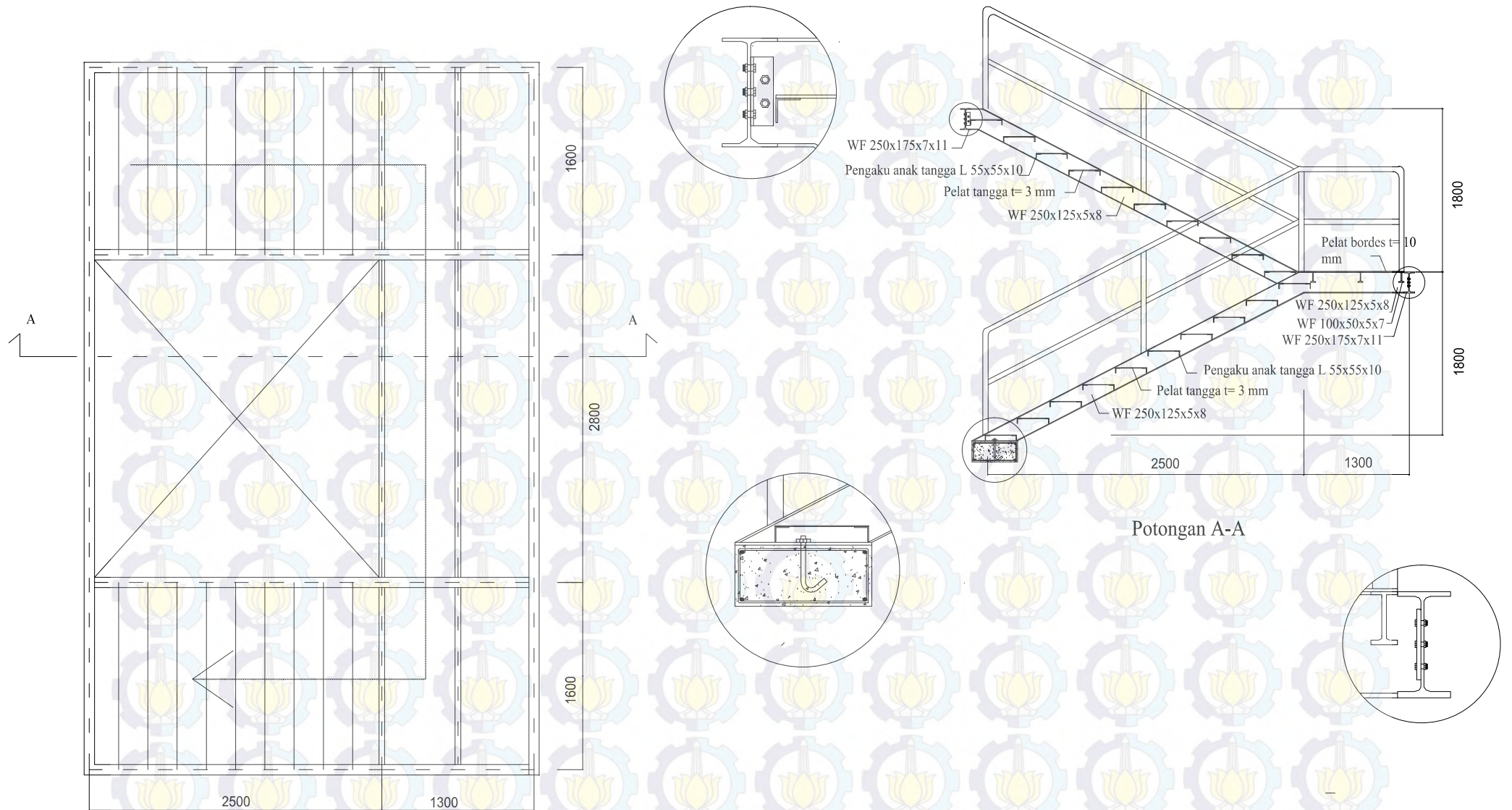
No Lembar

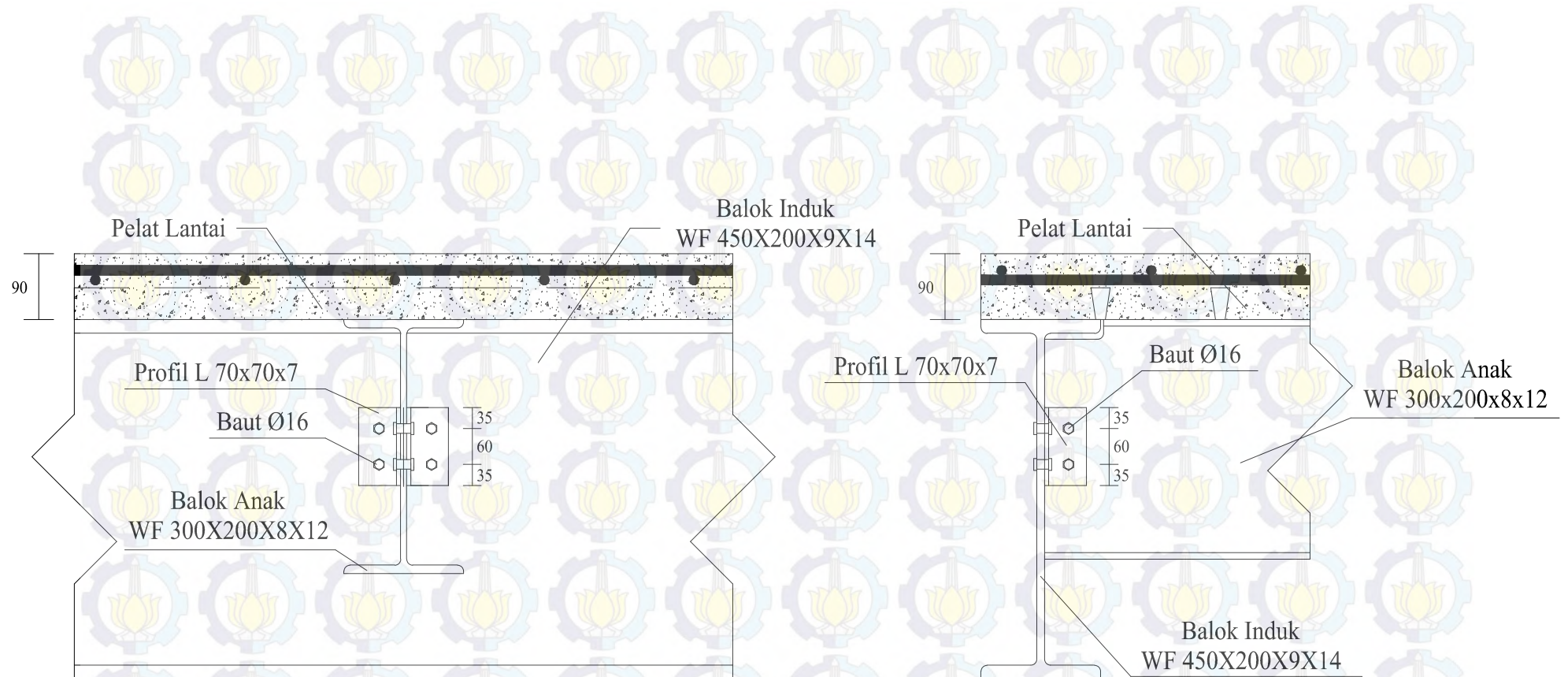
6

Satuan

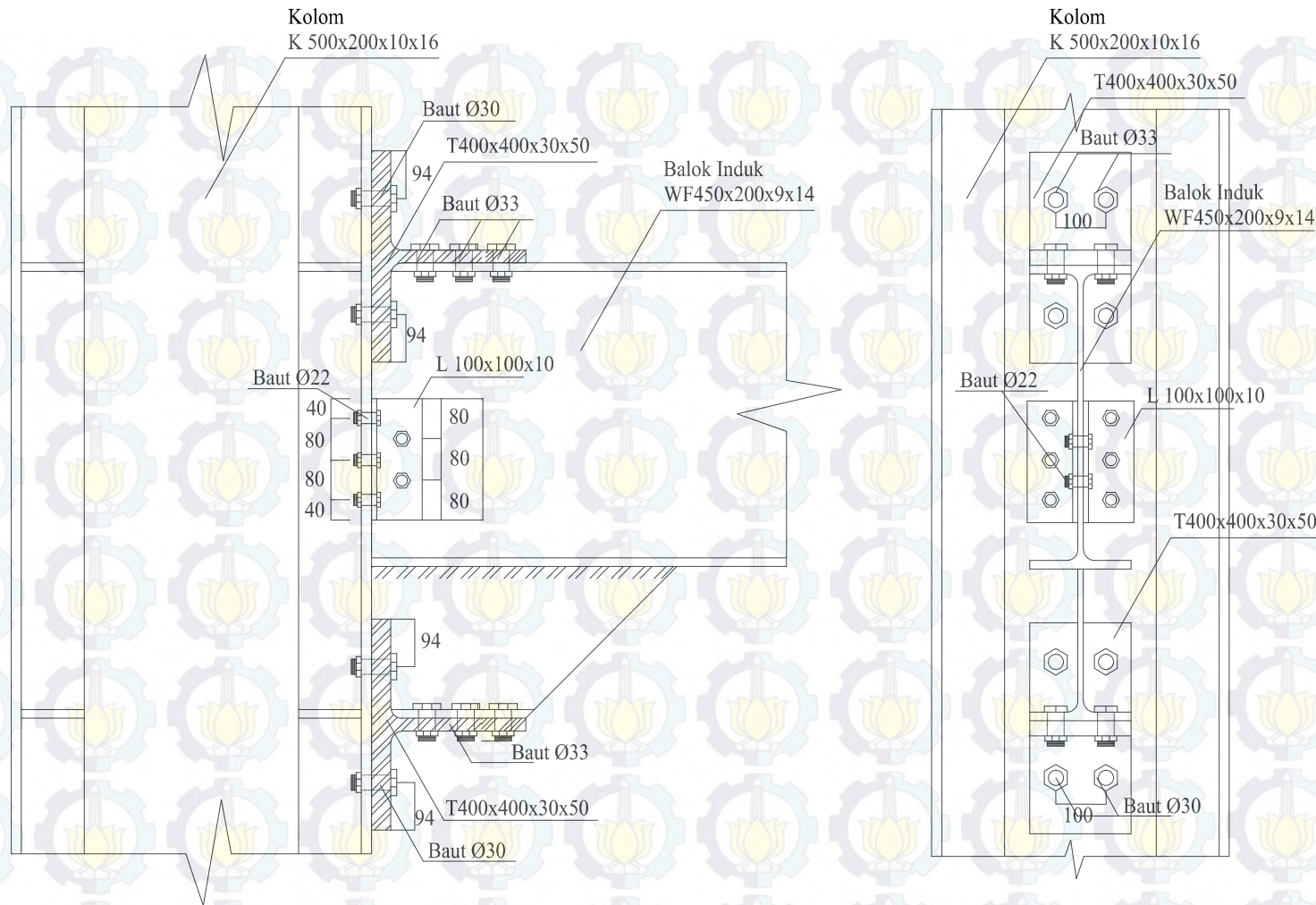
mm

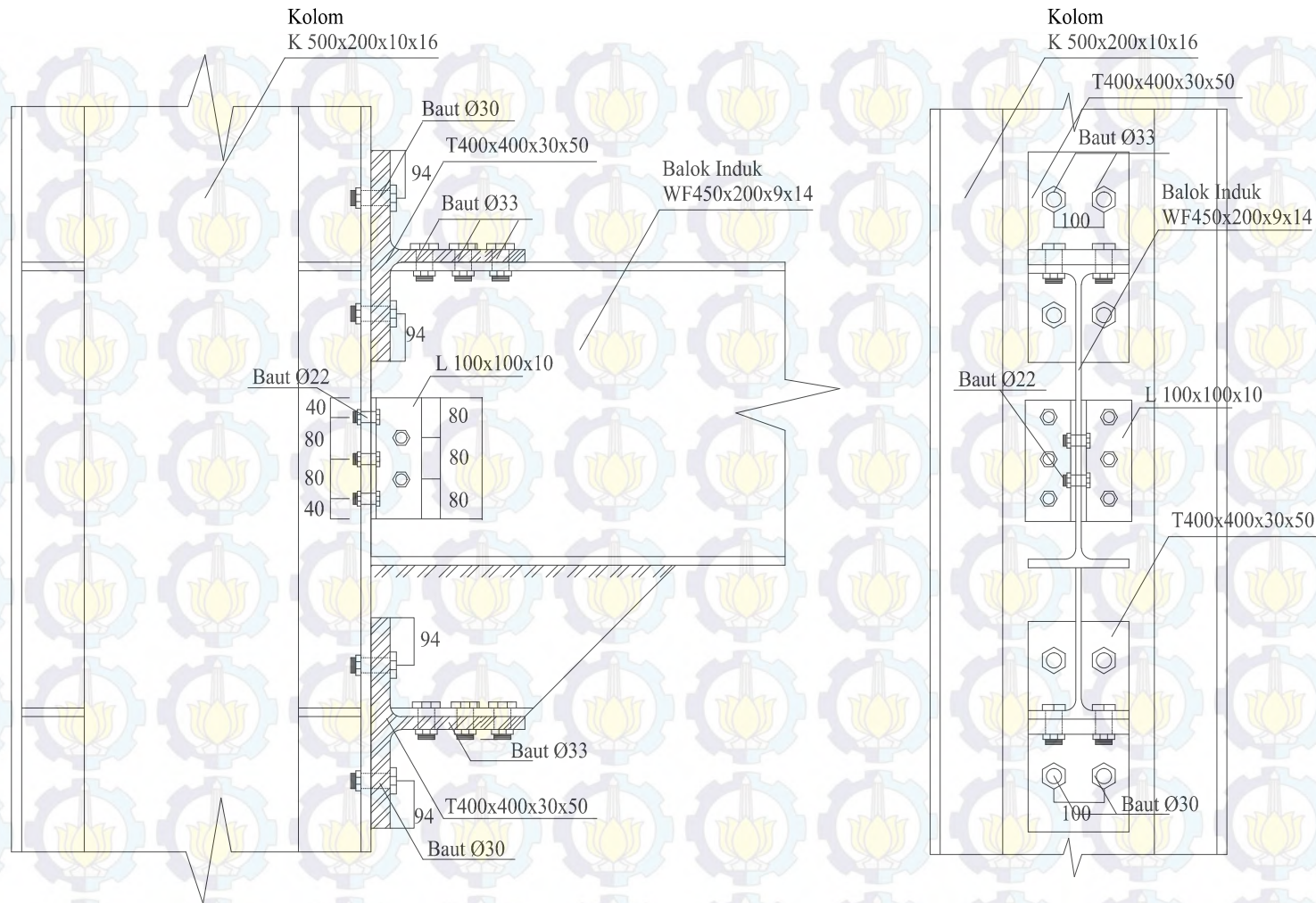




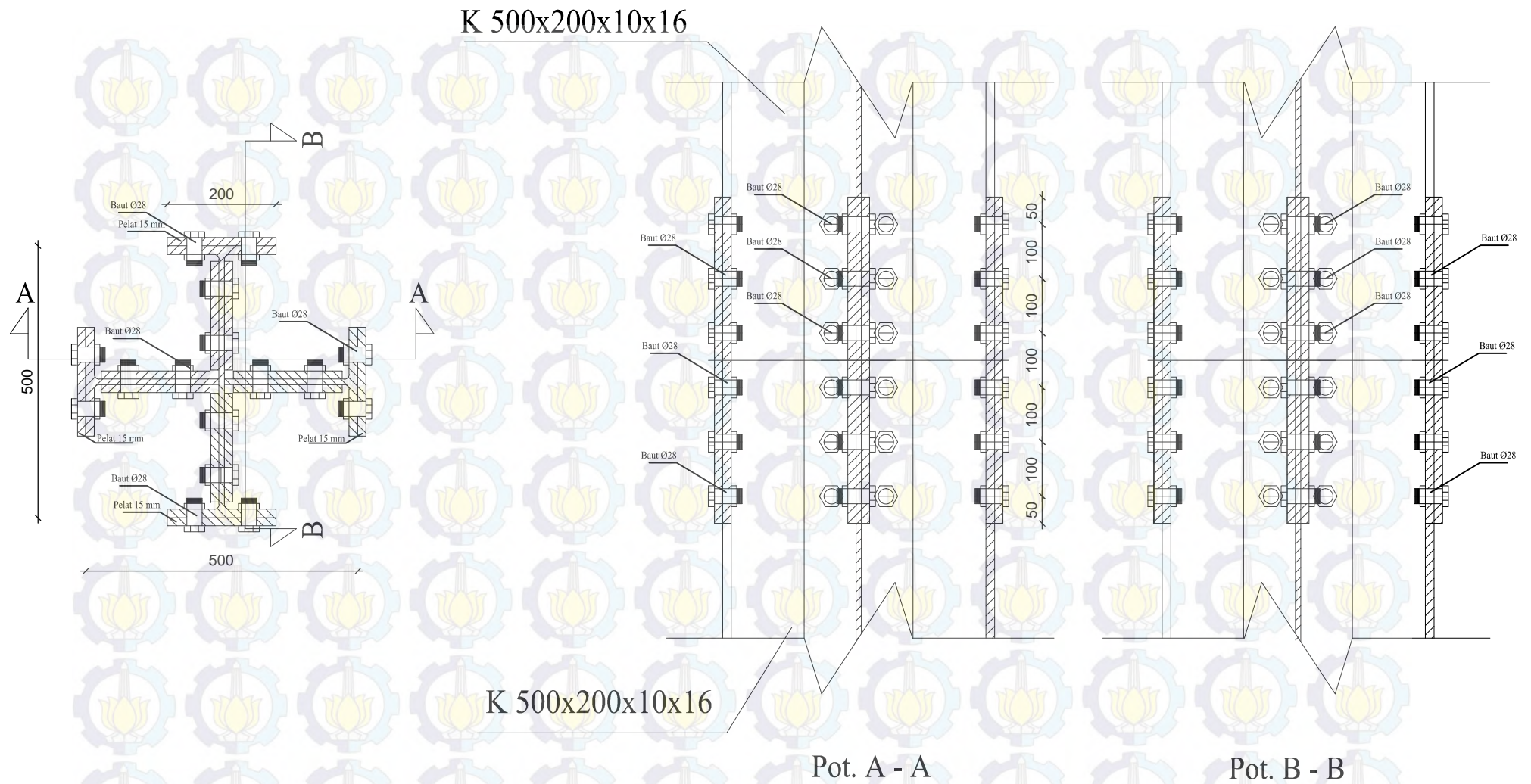


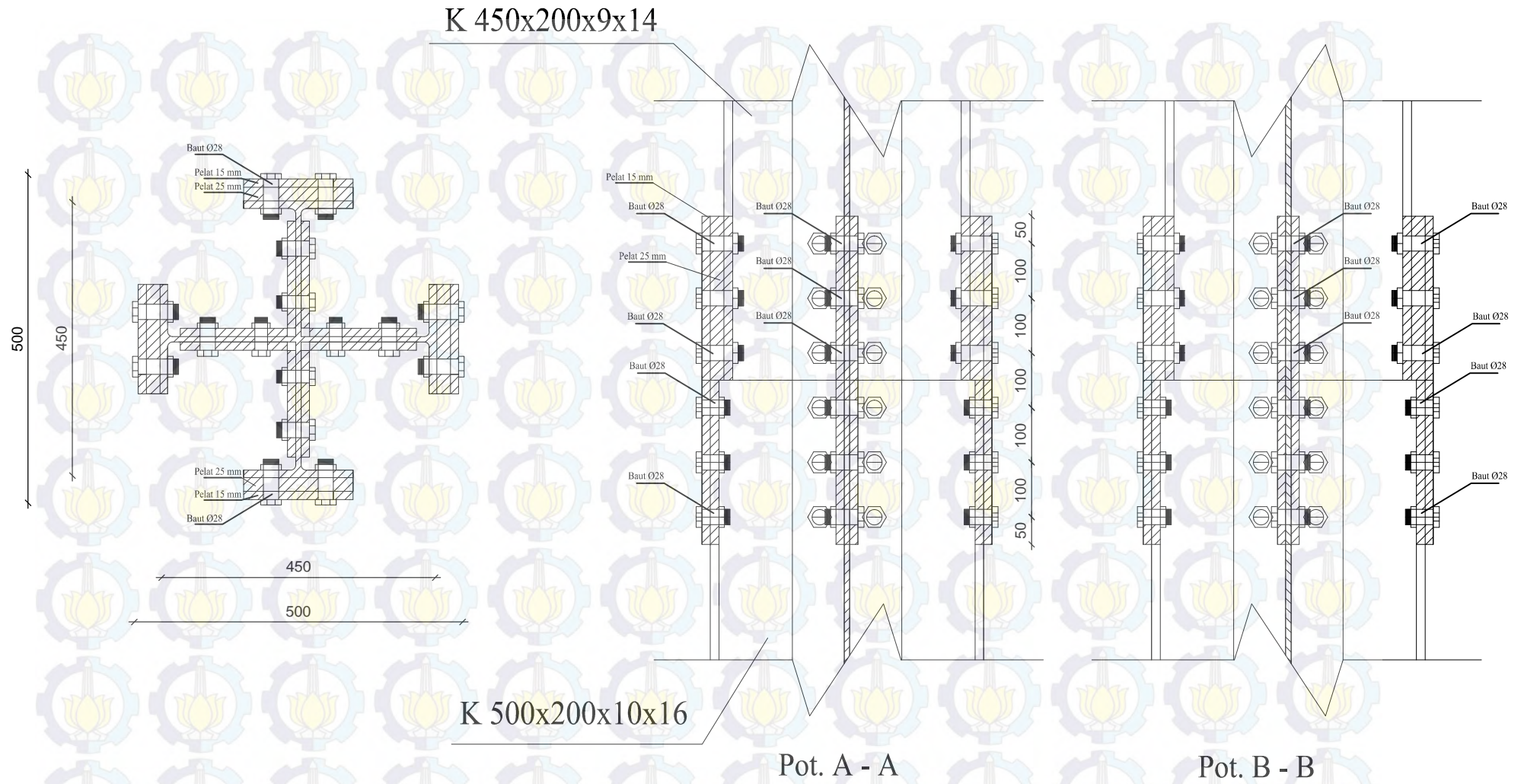






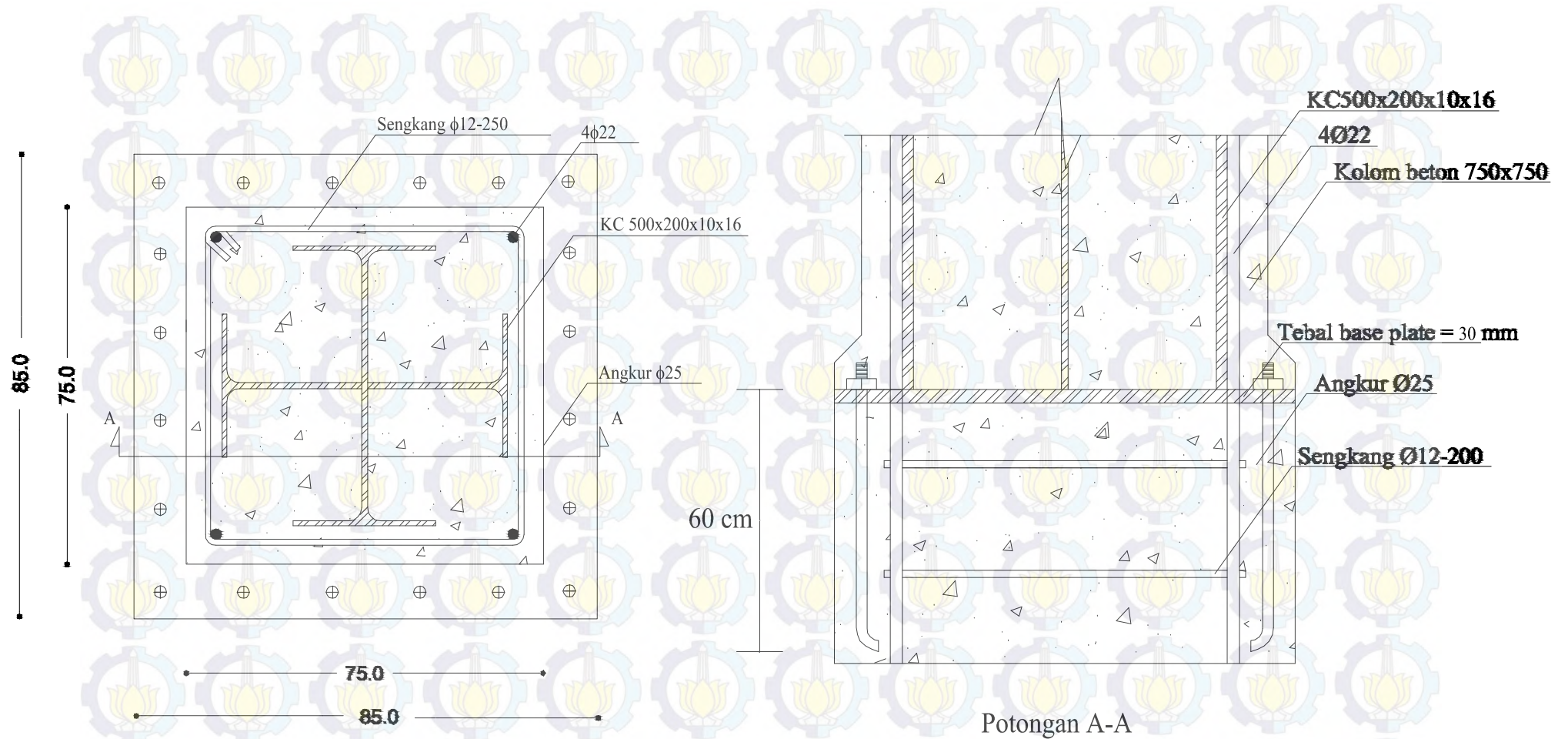


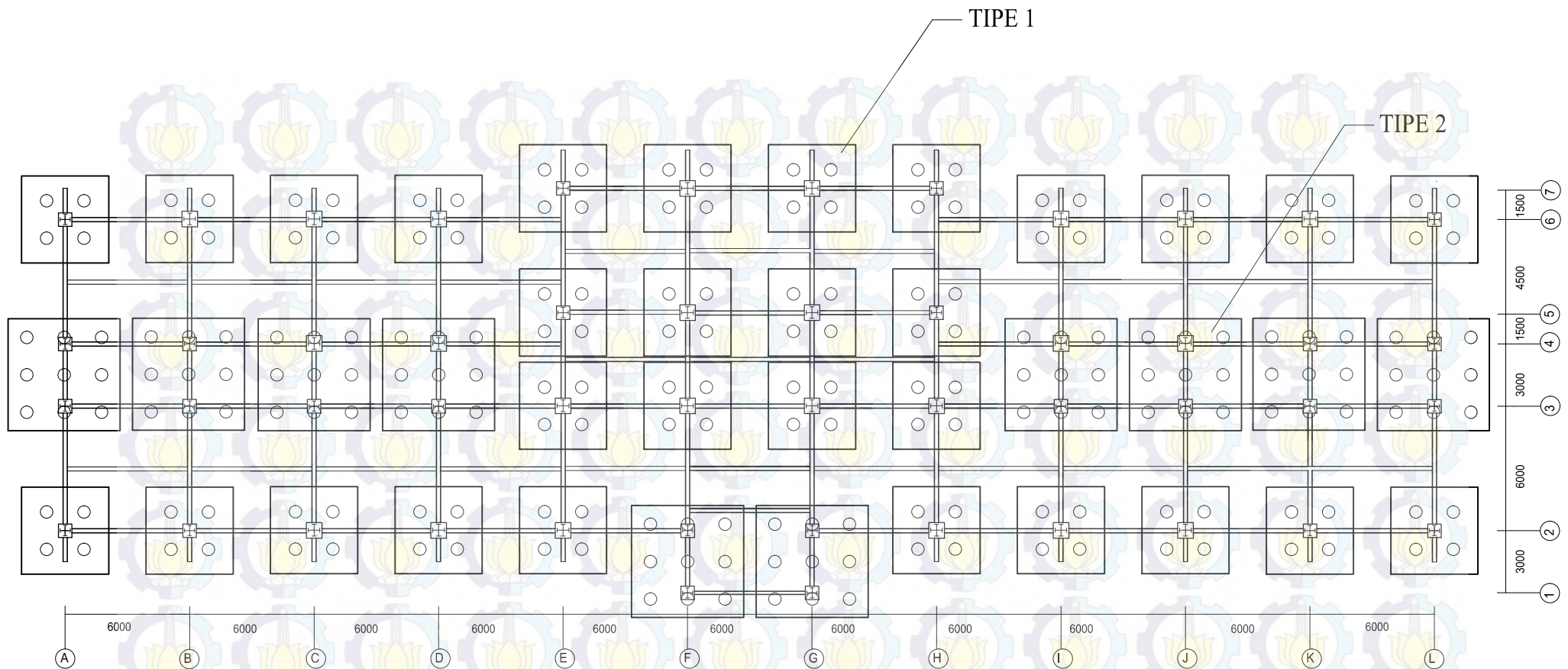




**K 500x200x10x16**







DENAH PONDASI  
(RUSUN TYPE BB - 1)

SKALA 1 : 250



JUDUL TUGAS AKHIR  
Modifikasi Perencanaan Struktur  
Gedung Rumah Susun Sederhana  
Sumur Welut  
dengan Menggunakan Baja-Beton  
Komposit

Dosen Pembimbing  
Ir. Heppy Kristijanto, MS.  
Data Iranata, ST, MT, Ph.d

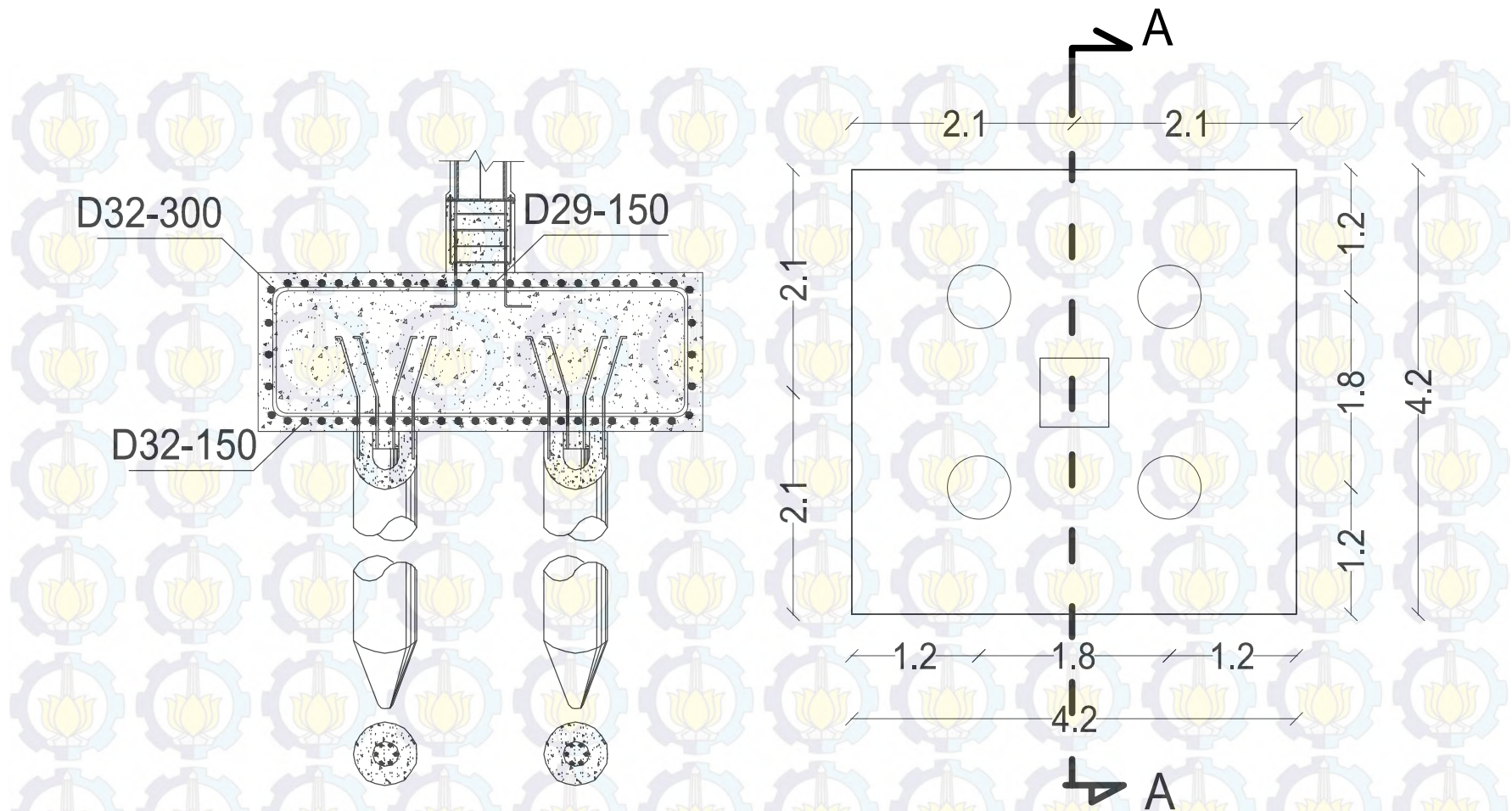
Mahasiswa  
Muhammad Ali Akbar  
3111100038

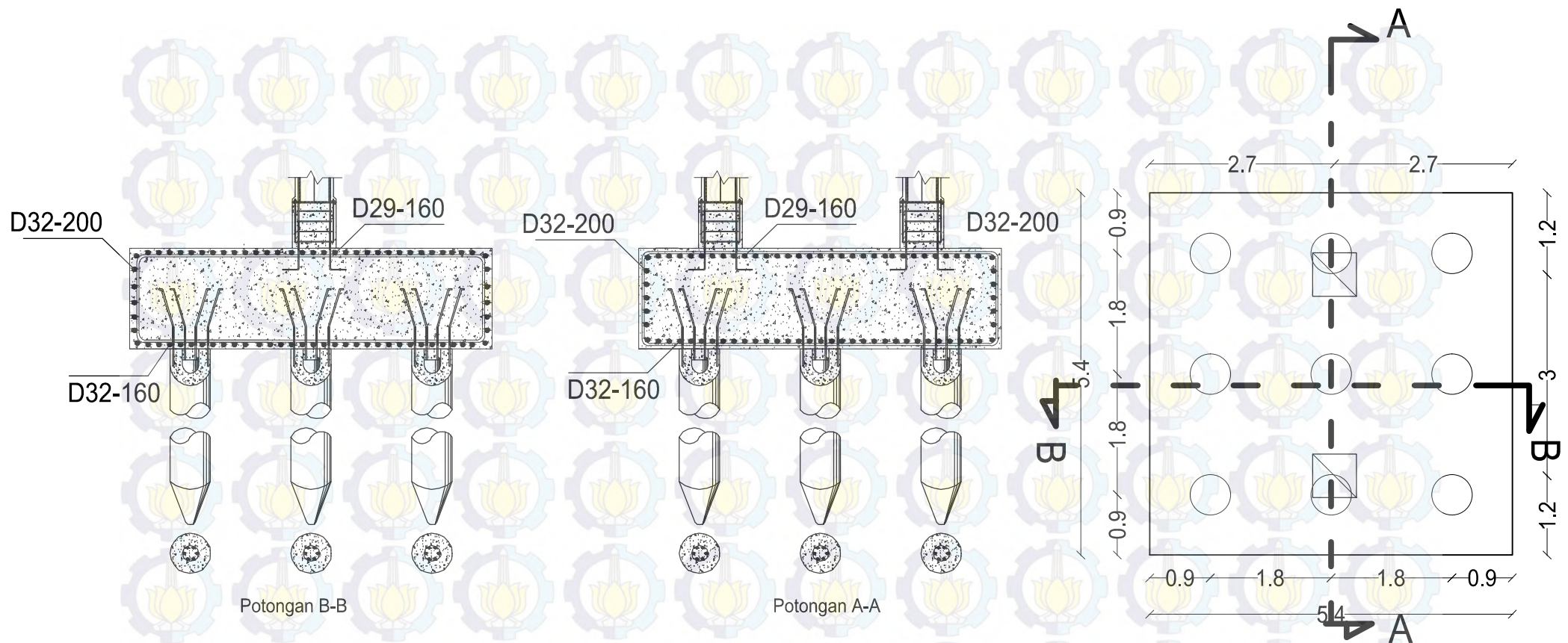
Judul Gambar  
Denah Pondasi

No Lembar  
14

Satuan  
mm





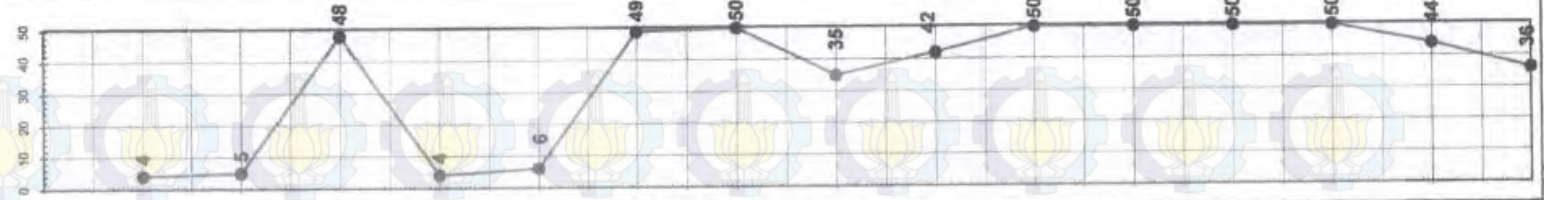






## DRILLING LOG

KLIEN = PT. BAYU BUANA GEMILANG										TIPE BOR = ROTARY DRILLING		Remarks			
NAMA PROYEK = RECOVERY JEMBATAN PIPA KALI SURABAYA										TANGGAL MULAI = 29 April 2013		UD = Undisturb Sample			
TITIK BOR = BH-1										TANGGAL SELESAI = 30 April 2013		CS = Core Sample			
MUKA AIR TANAH =										MASTER BOR = MISRAN		SPT = SPT Test			
LOKASI PROYEK = JL. MASTRIP SURABAYA										Standard Penetration Test					
Scale in m	Elevation (LWS) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	Depth in m	Sample Code	SPT TEST	Blows per each 15 cm			N - Value
												15 cm	15 cm	15 cm	
START OF BORING															
0.00	0.00														
1.00	-1.00				LANAU PASIR KERIKIL	COKLAT	MEDIUM	SPT = 4							
2.00	-2.00														
3.00	-3.00														
4.00	-4.00				LANAU LEMPUNG BERPASIR	ABU-ABU	MEDIUM	SPT 4 s/d 5							
5.00	-5.00														
6.00	-6.00				LEMPUNG BERKERIKIL	ABU-ABU KECOKLATAN	HARD	SPT = 43							
7.00	-7.00														
8.00	-8.00														
9.00	-9.00				LANAU LEMPUNG BERPASIR	ABU-ABU KECOKLATAN	MEDIUM TO HARD	SPT 4 s/d 49							
10.00	-10.00														
11.00	-11.00														
12.00	-12.00														
13.00	-13.00				LEMPUNG BERKERIKIL	ABU-ABU KECOKLATAN	HARD	SPT 49 s/d 50							
14.00	-14.00														
15.00	-15.00														
16.00	-16.00														
17.00	-17.00				LANAU LEMPUNG BERPASIR	ABU-ABU KECOKLATAN	HARD	SPT 35 s/d 42							
18.00	-18.00														
19.00	-19.00														
20.00	-20.00														
21.00	-21.00														
22.00	-22.00														
23.00	-23.00				LEMPUNG BERKERIKIL	ABU-ABU KECOKLATAN	HARD	SPT 44 s/d 50							
24.00	-24.00														
25.00	-25.00														
26.00	-26.00														
27.00	-27.00														
28.00	-28.00														
29.00	-29.00				LEMPUNG	ABU-ABU	HARD	SPT 36 s/d 44							
30.00	-30.00														





Steady Reduction



### PRACTICAL DESIGN TABLE 1

- The following table gives the slab depth for single spans and spans with depth together with the negative reinforcement area for double and multiple spans required to carry the superimposed loadings shown. The dead load (mass of Borobudur and concrete slab) are already calculated and include the superimposed load shown in this table. The superimposed load is the sum of live load and other imposed loads. The slab depths given are the overall depth of the slab.
- The following recommendations given are to provide a safe working platform and formwork by placing the wet concrete. Propping is introduced when deflection of the Borobudur under the load imposed by the wet concrete exceeds 1/240 of the span.
- The cross sectional stress given by negative reinforcement per metre width of slab for continuous span are calculated based on high tensile welder wire fibre such as BRC with yield or ultimate stress of 4100 kg/cm<sup>2</sup> (410 MPa) and a minimum yield stress of 4100 kg/cm<sup>2</sup> (410 MPa) and 2 cm concrete cover to the top surface.
- If mild steel reinforcing bars are used, the sectional area should be increased in proportion to the yield stress.
- The negative reinforcement is to extend at least 1/6 of the clear span of the slab on both sides of the intermediate support.
- The use of continuous slab design with additional top negative reinforcement over the slab supports gives improved load capacity and reduces the risk of surface cracking. This additional reinforcement can be incorporated with the fire emergency reinforcement in slabs designed to have a fire resistance rating without provision of any underside that should be determined separately (exclude that in this table).
- The loading patterns and calculations for negative reinforcement in this table are based on one way reinforced concrete slab with the following:
  - $l/b \geq 1.50$
  - For other conditions where  $l/b \leq 1.50$ , the table is not applicable and special calculation should be done in accordance with two way reinforced concrete slab design which the pattern reinforcement may be applied perpendicular to the Borobudur slab direction.
  - $h \geq$  minimum span of slab
  - $b \geq$  minimum span of slab
- The load conditions given for continuous span conditions are applicable provided the variation in span distance between adjacent slabs spans does not exceed 1/20.
- The secondary reinforcement is required both in simple span and continuous span, for temperature and shrinkage control and to distribute load applied to Borobudur composite slab. The reinforcement should be determined and are not shown in this table.
- Further this table is formed for pre-stressed section intended for slab system spanning the sign plate the side table prepared by an Engineer.

1. The first step in the process of identifying a problem is to define the problem clearly. This involves identifying the symptoms, the scope of the problem, and the impact it is having on the organization. Once the problem is defined, the next step is to gather information about the problem. This can be done through interviews, surveys, and other research methods. The information gathered should be used to identify the causes of the problem and to develop a plan of action to address the problem. The final step in the process is to implement the plan of action and to monitor the results. This involves setting up a system of controls to ensure that the plan is being followed and that the problem is being resolved. Once the problem is resolved, the organization should evaluate the results of the process and make any necessary adjustments to the plan of action.



TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG PANEL BONDEK PERLEBAR 1000 MM

Tebal Pelat	Beri. per satuan luas	Luas penampang	Penampang efektif penuh	Momen lentur positif Positive bending moment			Momen lentur negatif Negative bending moment		
Base steel thickness	Mass per unit area	Cross section area	For fully effective section	Dok. teknik Pan in section					
mm	kg / m <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	Yc mm Yt mm	I <sub>p</sub> 10 <sup>8</sup> / mm <sup>4</sup>	Z <sub>p</sub> 10 <sup>3</sup> / mm <sup>3</sup>	Z <sub>ef</sub> 10 <sup>3</sup> / mm <sup>3</sup>	I <sub>p</sub> 10 <sup>8</sup> / mm <sup>4</sup>	Z <sub>p</sub> 10 <sup>3</sup> / mm <sup>3</sup>	Z <sub>ef</sub> 10 <sup>3</sup> / mm <sup>3</sup>
0.75	10.1	1241	38.6 15.4	0.511	3.14	3.14	0.511	3.14	3.14

Keterangan :  
I<sub>p</sub> = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif  
second moment of area of panel profile for positive moment regions

I<sub>n</sub> = I<sub>p</sub> e m untuk daerah momen negatif  
I<sub>n</sub> e m for negative moment regions

Z<sub>ef</sub> = momen tahanan puncak rusuk dalam daerah momen positif (tegangan tarik resistansi moment top of rib negative moment regions tensile stress)

Z<sub>nc</sub>

Z<sub>pc</sub>

Z<sub>a</sub>

I<sub>e</sub>

1/11.26 - 0.26 1/p (in)

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

BONDEK 0.75 MPa		BENTANG TUNGGAL TANPA TULANGAN NEGATIF SIMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG TUNGGAL DENGAN TULANGAN NEGATIF SIMPLE SPAN CONDITION WITH NEGATIVE REINFORCEMENT													
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KSM/m <sup>2</sup>		200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000										
TANG PENYANGGA	BENTANG	TEBAL PELAT		TEBAL PELAT		TEBAL PELAT		TEBAL PELAT		TUL NEGATIF		TUL NEGATIF		TUL NEGATIF		TUL NEGATIF		TUL NEGATIF		TUL NEGATIF		TUL NEGATIF		TUL NEGATIF	
		SPAN	SLAB DEPTH	SPAN	SLAB DEPTH	SPAN	SLAB DEPTH	SPAN	SLAB DEPTH	SPAN	SLAB DEPTH	SPAN	SLAB DEPTH	SPAN	SLAB DEPTH	SPAN	SLAB DEPTH	SPAN	SLAB DEPTH	SPAN	SLAB DEPTH	SPAN	SLAB DEPTH	SPAN	SLAB DEPTH
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1.50	5	5	5	5	5	5	5	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75	9.75
	1.75	5	5	5	5	5	5	5	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
	2.00	5	5	5	5	5	5	5	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
	2.25	5	5	5	5	5	5	5	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2.50	5	5	5	5	5	5	5	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
	2.75	10	10	10	10	10	10	10	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
	3.00	10	10	10	10	10	10	10	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
	3.25	10	10	10	10	10	10	10	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	3.50	10	10	10	10	10	10	10	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
	3.75	10	10	10	10	10	10	10	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
	4.00	10	10	10	10	10	10	10	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3
	4.25	10	10	10	10	10	10	10	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3

Keterangan :  
KICIS = BEBAN MATI (DEPAT SENDIRI BONDEK DAN PELAT DEKAT) SUJUAN DIMONITORMING KAN  
THE DEAD LOAD (MASS OF BONDER AND CONCRETE SLAB) AND PURPOSE OF MONITORING

BEHAN BERGUNA DILAM TABEL TIDAKLAH JUMLAH BEHAN BERGUNA DILAM TABEL TIDAKLAH  
THE SUPER IMPOSED LOAD IN THIS TABLE IS THE SUM OF LIVE LOAD AND OTHERS ETC.

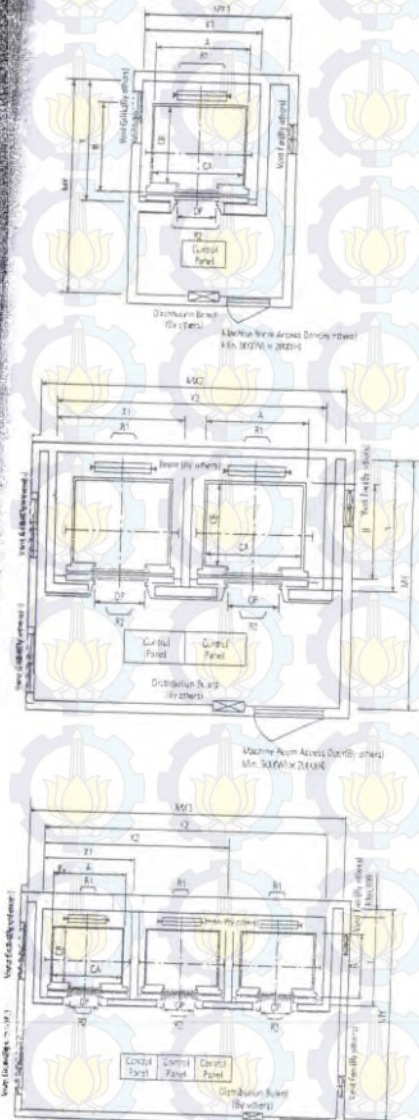
TABLE 1 - BONDER PANEL SECTION PROPERTIES PER 1000 MM WIDTH



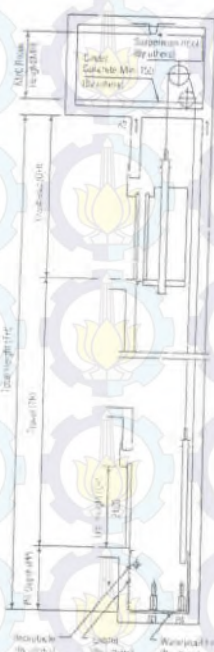
# SENGER ELEVATORS

less Elevators | 60-150m/min

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

Speed (m/min)	Capacity		Clear Opening	Col		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction(kg)	
	Persons	kg		Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth		
			OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY	R1	R2
60	6	450	800	1400 × 850	1400 × 1005	1800	3700	5800	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000
	8	550	800	1400 × 1030	1400 × 1185	1800	3700	5800	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000
80	8	600	800	1400 × 1170	1400 × 1185	1800	3700	5800	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000
	10	700	800	1400 × 1250	1400 × 1400	1800	3700	5800	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000
100	10	750	800	1400 × 1350	1400 × 1365	1800	3700	5800	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000
	13	900	800	1400 × 1350	1400 × 1505	1800	3700	5800	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000
105	10	1000	800	1400 × 1500	1400 × 1650	2050	4200	6300	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000
	13	1150	800	1400 × 1500	1400 × 1670	2050	4200	6300	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000
120	12	1150	1000	1500 × 1700	1500 × 1820	2050	4200	6300	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000
	15	1350	1000	1500 × 1700	1500 × 1870	2050	4200	6300	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000
150	20	1350	1100	1600 × 1700	1600 × 1870	2050	4200	6300	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000
	24	1400	1100	1600 × 1750	1600 × 1920	2050	4200	6300	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000
			1100	2150 × 1800	2150 × 1770	2050	4200	6300	430	2000	4000	4000	2700	3600	2000

1. Above reaction is the reaction on the hoistway building.
2. The hoistway building reaction is the reaction on the hoistway building.
3. Above dimensions are for the hoistway building.
4. The hoistway building reaction is the reaction on the hoistway building.
5. Above dimensions are for the hoistway building.
6. Above dimensions are for the hoistway building.

Speed (m/min)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (RH)
60	4800	1500	2700
90	4800	1800	2400
105	5000	2100	2400
120	5000	2100	2400
150	5500	2400	2400

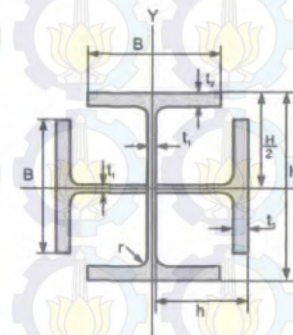
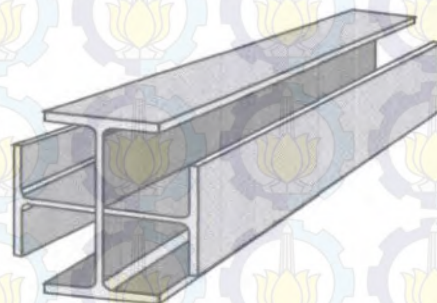
Machine Room Access Door (other) Min. 3000 x 2000





**PT. GUNUNG GARUDA**  
Steel Is Our Business

# KING CROSS



METRIC SIZE

STANDARD SECTIONAL DIMENSION						SECTIONAL AREA A	UNIT WEIGHT kg/m	INFORMATIVE REFERENCE					
SECTION INDEX	DEPTH OF SECTION	FLANGE WIDTH	THICKNESS		CORNER RADIUS			GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
	H	B	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	r			I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>		cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
K 150 x 75	150	75	5.0	7	8	35.70	28.0	716	767	4.48	4.64	95.4	99.1
K 200 x 100	200	100	5.5	8	11	54.32	42.6	1,974	2,095	6.03	6.21	197.4	203.9
K 198 x 99	198	99	4.5	7	11	46.36	36.4	1,694	1,778	6.04	6.23	171.1	175.6
K 250 x 125	250	125	6	9	12	75.32	59.2	4,344	4,567	7.59	7.79	347.5	356.9
K 248 x 124	248	124	5	8	12	65.36	51.4	3,765	3,924	7.59	7.75	303.6	310.2
K 300 x 150	300	150	6.5	9	13	93.56	73.4	7,718	8,073	9.08	9.29	514.5	526.9
K 298 x 149	298	149	5.5	8	13	81.60	64.0	6,762	7,024	9.10	9.28	453.8	462.9
K 350 x 175	350	175	7	11	14	126.28	99.2	14,554	15,128	10.75	10.95	831.7	847.5
K 346 x 174	346	174	6	9	14	105.36	82.8	11,892	12,321	10.62	10.62	687.4	700.0
K 400 x 200	400	200	8	13	16	168.24	132.0	25,440	26,519	12.30	12.55	1,272.0	1,299.9
K 396 x 199	396	199	7	11	16	144.32	113.2	21,450	22,267	12.19	12.19	1,083.3	1,105.1
K 450 x 200	450	200	9	14	18	193.52	152.0	35,370	36,851	13.52	13.52	1,572.0	1,605.7
K 500 x 200	500	200	10	16	20	228.40	179.2	49,940	52,189	14.79	15.17	1,997.6	2,046.6
K 600 x 200	600	200	11	17	22	268.80	212.0	79,880	83,229	17.24	17.24	2,662.7	2,724.4
K 588 x 300	588	300	12	20	28	385.00	302.0	127,020	132,585	18.16	18.16	4,320.4	4,419.5
K 700 x 300	700	300	13	24	28	471.00	369.7	211,800	220,791	21.21	21.65	6,051.4	6,193.3
K 800 x 300	800	300	14	26	28	534.80	419.8	303,700	315,027	23.83	24.27	7,592.5	7,740.2

## NOTE :

- $h = H/2$  = height of T-Beam.
- Tolerance,  $h = \pm 2$  mm.
- Material specification refer to Wide Flange Shape.
- Welded specification as per AWS E - 6013.
- K 700 x 300 and K 800 x 300 are made from IWF import.

## HEAD OFFICE & FACTORY

Jl. Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,  
Sukadana, Cikarang Barat.

Bekasi 17520, West Java, INDONESIA  
Sales Department

Phone DID : (62-21) 898 38 161 - 167

Phone Flexy :

(021) 7085 3164 - 165

(021) 7085 3169

Fax. : (62-21) 8910 - 7711

(62-21) 8900-555 / 976 / 977

e-mail : pj101@grdsteel.com

pj102@grdsteel.com

[www.grdsteel.com](http://www.grdsteel.com)







# WKA PILE CLASSIFICATION

Size (mm)	Thick (mm)	Class	PC No.	Area of Steel (mm <sup>2</sup> )	Area of Concrete (mm <sup>2</sup> )	Section Modulus (mm <sup>3</sup> )	Effective Prestress (N/mm <sup>2</sup> )	Allowable Axial (kN)	Crack (mm)	Bending Moment (kNm)
350	70	A1	7	3.08	615.75	3713.17	40.74	92.15	3.50	5.25
		A2	12	4.52	615.75	3713.17	66.67	88.89	4.20	8.20
		B	16	6.16	615.75	3713.17	84.46	85.91	5.00	9.00
		C	9	7.63	615.75	3713.17	100.95	83.25	6.00	12.00
400	75	A2	12	4.52	765.71	5405.79	55.25	112.87	5.50	8.25
		A3	16	6.16	765.71	5405.79	70.73	109.71	6.50	9.75
		B	9	7.63	765.71	5405.79	80.46	107.09	7.50	11.50
		C	20	9.24	765.71	5405.79	84.34	105.53	7.50	13.50
450	80	A1	7	3.08	929.91	7492.79	45.49	139.93	7.50	11.25
		A2	12	4.52	929.91	7492.79	69.97	135.50	8.50	13.75
		A3	16	6.16	929.91	7492.79	77.46	132.56	10.00	15.25
		B	20	7.70	929.91	7492.79	84.08	129.92	11.00	17.25
500	90	A1	7	3.08	1159.25	10362.44	39.45	172.07	10.50	13.75
		A2	12	4.52	1159.25	10362.44	69.89	169.31	12.50	15.75
		A3	16	6.16	1159.25	10362.44	77.46	170.63	14.00	17.25
		B	20	7.70	1159.25	10362.44	84.08	166.21	15.00	19.00
600	100	A1	7	3.08	1570.80	17255.62	45.00	235.40	17.00	25.50
		A2	12	4.52	1570.80	17255.62	69.89	232.00	19.00	28.50
		A3	16	6.16	1570.80	17255.62	77.46	226.69	22.00	32.00
		B	20	7.70	1570.80	17255.62	84.08	225.62	23.00	35.00
700	120	A1	7	3.08	2299.91	27695.56	45.49	339.93	25.00	45.00
		A2	12	4.52	2299.91	27695.56	69.97	335.50	28.00	52.00
		A3	16	6.16	2299.91	27695.56	77.46	332.56	30.00	58.00
		B	20	7.70	2299.91	27695.56	84.08	329.92	32.00	65.00

## Notes:

1. Piles generally comply to JIS A 5335 - 1987 and required to suit ACI 543 - 1979 & P 61.71
2. Specified Concrete cube Compressive strength is 600 Kg/cm<sup>2</sup> at 28 days
3. Allowable axial load is applicable to pile acting as a short strut





PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)  
Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111



Form AK/TA-04  
rev/01

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS.
NAMA MAHASISWA	: MUHAMMAD ALI AKBAR
NRP	: 311100038
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH SUSUN SEWA SUMUR WELUT KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA-BETON KOMPOSIT
TANGGAL PROPOSAL	: 12 MARET 2015
NO. SP-MMTA	: 014701 / IT 2.3.1.1 / PP.05.02.00 / 2015

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	7/4/15	Asistensi Bab IV	Analisa program SAP	
2	20/4/15	Analisa program SAP	Perbaiki Respon spektrum	
3	6/5/15	Asistensi Bab V	Permodelan SAP diperbaiki	
4	28/5/15	Asistensi Bab VI	perkecil ukuran balok menjadi lebih langsing.	
5	3/6/15	Asistensi Bab VII & VIII	perdalam tiang pancang menjadi 20 m, memperkecil ukuran kolom.	
6	11/6/15	Asistensi Bab VIII	Variasi tipe pondasi antara beban ultimit yang terjadi	
7	16/6/15	Asistensi Bab VIII	mengerjakan lampiran dan kelengkapan lainnya.	

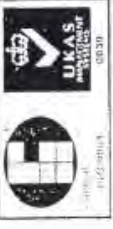




PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)  
Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Form AK/TA-04  
rev01

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: DATA IRANATA, ST, MT, Ph.D
NAMA MAHASISWA	: MUHAMMAD ALI AKBAR
NRP	: 3111100038
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG RUMAH SUSUN SEWA SUMUR UMBUT KOTA SURABAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA-BETON KOMPOSIT
TANGGAL PROPOSAL	: 12 Maret 2015
NO. SP-MMTA	: 014701 / IT2.3.W. / PP.05.02.00.12015

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	6/4/15	Asistensi BAB IV	ulangi perhitungan tangga	
2	10/5/15	Asistensi Analisa Program SAP	mengerjakan BAB VI dan BAB V	
3	15/5/15	Asistensi BAB VI & V	perkecil dimensi Balok	
4	2/6/15	Asistensi Analisa Program SAP	mengerjakan BAB V, VI dan VIII	
5	7/6/15	Asistensi BAB VI & VII VIII	mengerjakan lampiran gambar	
6	15/6/15	Asistensi lampiran gambar	mengulangi gambar detail	

## BIODATA PENULIS



**Muhammad Ali Akbar** yang lahir di Jember, Jawa Timur pada tahun 1993, merupakan anak ke tiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Jember Lor IV Jember, SMPN 3 Jember, dan melanjutkan ke SMAN 1 Jember. Setelah lulus dari SMAN 1 Jember pada tahun 2011, penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun yang sama melalui jalur SNMPTN Undangan dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 3111100038. Di Jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Struktur dan mengerjakan Tugas Akhir dengan judul *“Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Rumah Susun Sewa Sumur Wehut Kota Surabaya Menggunakan Struktur Baja – Beton Komposit”*. Selama kuliah, penulis pernah mengikuti berbagai seminar dan pelatihan dibidang keteknik-sipilan. Selain itu juga,

Penulis aktif berorganisasi di kampus, tepatnya pernah diamanahi menjadi Dewan Perwakilan Himpunan Mahasiswa Sipil